Das Abflussgebiet des Nil.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

GENEHMIGT

VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Von

Walter Pietsch
aus Berlin.

Tag der Promotion: 1. Oktober 1910.

Referenten:

Prof. Dr. **Penck.**

Prof. Dr. **Hellmann.**

Emil Ebering, Berlin NW. 7, Mittelstr. 39.

Meinen lieben Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535712_0158

Einleitung.

Wenn zur Sommerszeit die Sonne in Aegypten am heißesten brennt und den Boden schier auszudörren droht, dann beginnt der Nil sich zu regen. Seine Wogen rollen schneller dahin, das Wasser steigt und steigt, es tritt aus den Ufern und breitet sein erfrischendes Naß über den Feldern aus; nachdem der Fluß sich wieder in sein Bett zurückgezogen hat, ist der Boden durchfeuchtet und vom fruchtbarsten Schlamm überzogen. Dann ist die Zeit für den Landmann gekommen, den Acker zu bestellen. Fast unerschöpflich ist die Fruchtbarkeit dieses Bodens, auf ihr beruht der Reichtum des Landes.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß die Engländer dem segenspendenden Strome besondere Aufmerksamkeit zugewandt haben. Sie vervollkommneten das von dem Vizekönig Mehemet Ali in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Anwendung gebrachte System, das Land mit einem Netz von Kanälen zu durchziehen, um so möglichst weite Ländereien in die Ackerwirtschaft einbeziehen zu können, aber hauptsächlich, um durch künstliche Bewässerung das ganze Jahr hindurch den Ackerbetrieb aufrecht erhalten zu können. Dem setzt aber die geringe Wasserführung des Nil zur Frühjahrs- und Sommerszeit eine natürliche Grenze. Die englischen Ingenieure suchten zunächst durch Staudämme Abhilfe zu schaffen; wie schon früher der „Delta Barrage“ zur Bewässerung des Nildeltas errichtet war, so bauten sie den berühmten Damm von Assuan und einen kleineren bei Assiut, um nach Belieben die Wasserführung aus dem Stau-

becken verstärken zu können. Aber hiermit begnügte man sich nicht. Man wollte die Herkunft der Nilflut genau studieren, um vielleicht auch im oberen Lauf an geeigneten Punkten Sammelbecken anlegen oder Flußkorrektionen vornehmen zu können.

Zu diesem Zwecke ist allmählich das ganze Einzugsgebiet des Nil mit einem Netz von Stationen überzogen, an denen meteorologische Beobachtungen und Pegelmessungen der einzelnen Flüsse veranstaltet werden. Zwar ist man hierdurch in bezug auf den oberen Nil praktisch noch nicht viel weiter gekommen als die ägyptische Regierung, die schon in den Anfängen der achtziger Jahre die Pflanzenbarren am Weißen Nil beseitigen ließ, wie dies nach der Niederwerfung der Mahdisten auch wieder die Engländer[1] besorgt haben; andere Projekte[2], z. B. am Viktoriasee oder Albertsee Regulatoren anzubringen oder im Gebiet des Bahr el Gebel einen Kanal zu bauen, sind noch nicht zur Ausführung gelangt; in der Erkenntnis der Hydrographie des Nil ist man aber soweit fortgeschritten, daß man sich jetzt ein völlig klares Bild über die Beteiligung der einzelnen Zuflüsse an der Speisung des Hauptstromes machen kann.

Die Beobachtungen sämtlicher Stationen werden in den alljährlich in Kairo erscheinenden Werken: The rains of the Nile basin and the Nile flood of 1904 ff. veröffentlicht. Die älteren Werke, die sich mit der Hydrographie des Stromes befassen, kommen daher jetzt gar nicht mehr in Betracht. Zu nennen sind hier nur die englischen Arbeiten, denen schon das neue Material zugrunde liegt: William Willcocks, The Nile in 1904, London 1904; W. Garstin, A Report on the basin of the Upper Nile, Cairo 1904, und

---

1. P. M. 1900 S. 146: Peake, Beseitigung der Pflanzenbarren am Nil.

2. The Nineteenth Century. Juli 1905. W. Garstin, Some problems of the Upper Nile.

hauptsächlich H. G. Lyons, The Physiography of the river Nile and its basin, Cairo 1906. Ihr Hauptaugenmerk richten die Werke natürlich auf das Regime des Stroms; doch beschränken sie sich meist darauf, die Menge des Hochwassers der einzelnen Flüsse in Kubikmeter pro Sekunde wiederzugeben. Wenn einmal Werte für Niederschlagshöhe oder Abflußfaktor aufgestellt werden sollen, so werden sie nur schätzungsweise gewonnen.

Eine auf dem gesamten vorhandenen Material basierte Untersuchung über die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß, wie sie hier vorgelegt werden soll, hat nicht nur praktischen Wert, indem sie die englischen Projekte für den oberen Nil ins rechte Licht setzt; ihre innere Berechtigung erhält diese Arbeit — sie beruht nicht immer auf unbedingt zuverlässigem Material — dadurch, daß sie zum ersten Mal für die Tropen die Abflußbedingungen beim allmählichen Uebergang zu den Trockengebieten behandelt. Die Resultate sind überraschend, indem sich ein nicht unbeträchtlicher Einfluß der Oberflächengestaltung auf den Abfluß kundgibt.

Eine morphologische Skizze mit Hervorhebung der hydrographisch wichtigen Momente mag zum besseren Verständnis dieser Dinge dienen.

I. Kapitel.

Morphologie des Stromgebietes[1].

Das System des oberen Nil weist von seinen südlichsten Grenzen im deutsch-ostafrikanischen Gebiet bis zur Mündung des abessinischen Blauen Nil und des Atbara alle nur vorkommenden Typen afrikanischer Ströme auf. Wir sehen inn, als brausenden Gebirgsstrom tiefe, schmale Cañons durcheilen, wir sehen ihn gemächlich dahinziehen mit ungeheuer breiter Wasserfläche, an seinen Ufern wuchern die üppigen Sumpfpflanzen Afrikas, Papyrus, Ambatsch und viele andere; in Kilometerbreite begleiten sie die flachen Ufer des Stroms. Wir sehen ihn im ebenen Land dahinirren; unruhig sein Bett verlegend breitet er sich weithin aus und bildet weite Ueberschwemmungsgebiete; meist von Pflanzendecken überwuchert lassen sie die Tiefe und die Ausdehnung der ungeheuren Wasseransammlungen kaum erraten; nur selten überblickt man eine freie Seefläche, die von schwimmenden Pflanzenteppichen umgeben und so fortwährenden Veränderungen durch Strömungen und Wind ausgesetzt ist. Im Süden gehören mehrere der großen äquatorialen Seen zum System des Nil; ihr größter, der Viktoriasee, bildet die ausgedehnteste Süßwasserfläche der Alten Welt. Weit verbreitet sind in dem trockneren Norden die sogenannten „Cheran" (Sing.-Chor); nur während der Regenzeit oder nach heftigen Regenschauern führen sie Wasser, sonst bilden sie nur Sand-

1. Von den zahlreichen ähnlichen Versuchen sei hier nur genannt De Martonne, Die Hydrographie des oberen Nilbeckens. Z. d. G. f. Erdkunde zu Berlin, Bd. 32, 1899, S. 303—349.

betten, in denen man aber meist dicht unter der Oberfläche auf Wasser stößt. Gelegentlich tritt ein solcher Grundwasserstrom in kleinen Pfuhlen und Teichen zutage. Schließlich wird der Nil ein Strom der Wüste, wo Sanddünen seine Ufer umkränzen, er, dessen südlichstes Quellgebiet am Aequator liegt, wo die schnee- und eisgekrönten Bergriesen des Runsoro auf ihn herabschauen.

Der stete Wechsel der Gefällsverhältnisse[2] zeigt, wie unentwickelt das System des Nil noch ist.

Im Süden und Osten umrahmen hohe Berge das Strombecken, von etwa 5° nördl. Br. zieht sich ebenes Land nach Norden hin, durchflossen von der langen Flußader des Bahr el Gebel und des Weißen Nil. Im Berggebiet schäumen die Flüsse mit ungebändigter Wildheit dahin und leisten kräftige Erosionsarbeit, im Talgebiet legen sie ihren jugendlichen Charakter ab und breiten mächtige Sedimentdecken aus.

Im Süden entwässert der Bahr el Gebel einen großen Teil des zentralafrikanischen Hochlandes. Dies stellt einen breiten Sockel im Innern des Kontinents dar. Er besteht hauptsächlich aus archaischen Gesteinen, Granit und Gneiß. An einigen Stellen kommen auch paläozoische Ablagerungen vor, die ebenso wie die archaischen stark gefaltet sind. Weit verbreitet ist das tropische Verwitterungsprodukt aller dieser Gesteine, der Laterit. Seit dem Paläozoikum scheint dieser Sockel beständig als Festland existiert zu haben, also ein Gebiet stetiger Hebung darzustellen. Ein fluviatiler Zyklus scheint in dem ganzen Gebiete bis zum Stadium der Spätreife ausgebildet gewesen zu sein, — wir sehen als seine Reste überall noch sanft gewellte Oberflächenformen —, als in jüngster Zeit neue Bewegungen die Erde erschütterten, an manchen Stellen das Plateau völlig zerstückelten und tiefe Gräben einsenkten. Dazu kam es an vielen Stellen

---

2. Geogr. J. 1909: Lyons, The longitudinal section of the Nile, Bd. 34 S. 36—51.

zu vulkanischen Ausbrüchen, deren Zeugen hohe Vulkanberge und kleinere Kratere, gewaltige Decken und Ströme von Lava sind. Das Land ist bis heute noch nicht zur Ruhe gelangt, in den Kirungavulkanen findet noch aktiver Vulkanismus statt, an manchen Orten werden Erdstöße gemeldet, heiße Quellen sind die Reste vulkanischer Tätigkeit.

Diese tektonischen Vorgänge haben dem Lande ihren Charakter aufgedrückt; es befindet sich noch im Stadium der jugendlichen Erosion. Hiervon zeugen steile Bruchstufen, unausgeglichenes Gefälle der Flüsse und große Seen, an denen die zuschüttende Tätigkeit der Flüsse erst wenig zu bemerken ist.

Wichtig für die heutige Morphologie ist der sog. zentralafrikanische Graben. Im Süden gehören ihm außerhalb des Nilbeckens der Tanganika- und Kiwusee an, zum Nil hin entwässern der Albert-Edwardsee und Albertsee. Die Grabenränder sind aufgewölbt, der westliche Rand bildet die Wasserscheide gegen den Kongo, der östliche trennt, wenn auch mit Ausnahmen, die Zuflüsse des Albertsees von denen des Viktoriasees. Oestlich des Viktoriasees erhebt sich die ebenfalls als Wasserscheide auftretende ostafrikanische Bruchstufe. Zwischen ihr und dem zentralen Graben liegt das Einzugsgebiet des Viktorianil, im Süden bis über 3^0 südl. Br., im Norden bis etwa 3^0 nördl. Br. reichend.

Als Quelle des Bahr el Gebel und somit des Nil wird von den einen der Viktoriasee, von anderen der in den See mündende Kagera angesehen. Wenn man die Wasserführung dieses Flusses[3] gegenüber dem den See verlassenden

---

3. H. G. Lyons, The Physiography of the river Nile and its basin. Cairo 1906. — Aus den Messungen von Reisenden berechnet Lyons, daß der Kagera zur Trockenzeit, im August, eine Wasserführung von etwa 300 cbm p. Sek., zur Frühjahrsregenzeit 600—1500 cbm p. Sek. (als Minimum und Maximum aus den Angaben) zur Herbstregenzeit etwa 1500 cbm p. Sek. führt. Die Wasserführung des

Viktorianil als maßgeblich erachtet, so muß man den Kagera als Quellfluß wenigstens des Bahr el Gebel ansehen. Auch in bezug auf seine Länge überragt er alle anderen Zuflüsse[4] des Sees. Von 16 in Betracht kommenden bewegen sich 15 in einer Länge von 30—210 km, während allein der Kagera mit etwa 850 km[5] eine hervorragende Rolle einnimmt.

Der Kagera entwässert den größten Teil des Zwischenseengebiets, d. h. des Landes zwischen Kiwu-, Albert-Edward- und Viktoriasee. Der bis über 2000 m hohe Westen ist noch nicht genau erforscht. Der Osten stellt sich als ein durch N. S. verlaufende Grabenbrüche zerstückeltes Schollenland dar. Deutlich tragen die einzelnen Plateaus noch die Spuren des spätreifen Erosionszyklus; es sind leichtgewellte Hochebenen[6], deren Erhebungen sich alle im gleichen Niveau halten. Die durchschnittliche Höhe der Schollen nimmt nach Westen zu. Im auffälligen Gegensatz zu diesem gereiften Formenschatz der Plateaus steht die

---

Viktorianil beim Ausfluß aus dem See ist gleichmäßig etwas unter 600 cbm p. Sek.

4. Lyons, l. c. S. 53.

5. Lyons, l. c. gibt 690 km an. Diese neue Messung von 850 km ist genauer. Von der Quelle bis zur Ruvuvümündung (400 km) beruht sie auf einer noch nicht veröffentlichten Karte 1 : 100 000, die vom Reimerschen Verlag (Berlin) freundlichst zur Verfügung gestellt ist. Der Unterlauf ist nach der Map of the Anglo-German Boundary from Victoria Nyanza to Long. 30° E. 1 : 100 000 zu 270 km berechnet. Für den fehlenden mittleren Teil ist der Deutsche Kolonialatlas 1 : 1 000 000 die beste Quelle (165 km). Da der Fluß gerade hier stark mäandert, ist die Gesamtlänge auf 850 km erhöht. — Die Quelle des Niavarongo-Kagera liegt in 2° 24′ s. Br. und 29° 18′ 10″ östl. L.; die kürzeste Entfernung von der Quelle bis zur Mündung beträgt 315 km, die Stromentwicklung also 1 : 2,7.

6. M. a. d. D. Sch. 1899: Herrmann, Der geologische Aufbau des deutschen Westufers des Viktoria-Njansa, S. 169—171. — E. Stuhlmann, Mit Emin Pascha ins Herz von Afrika. Berlin 1894. S. 127, 221, 227, 834. — G. F. Scott Elliot, A Naturalist in Mid Africa. London 1896. S. 32.

jugendliche Ausbildung der Haupttäler. Sie zeigen steile Talwandungen[7], wie sie im übrigen Gebiet des Viktoriasees nicht vorkommen. Dies sowohl wie die eigentümliche Anlage der N. S. verlaufenden Täler, namentlich in der Landschaft Karagwe[8], lassen die allgemein vertretene Anschauung[9], daß es sich hier um Grabenbrüche handele, als richtig erscheinen.

Diesem gegebenen Formenschatz hat der Kagera seinen Lauf anzupassen sich bequemen müssen. Noch ist es ihm nicht gelungen, das ganze Flußsystem seines Gebietes sich tributär zu machen. Es finden sich noch Seen[10], die keinen Abfluß zum Kagera besitzen. Er selbst benutzt häufig die Grabenbrüche, in denen er mit ganz schwachem Gefälle dahinfließt, mäandernd und seine lehmigen und tonigen Sedimente ablagernd[11], plötzlich stürzt er in Wasserfällen oder Stromschnellen herab, um in einem neuen Graben wieder trägen Laufes dahinzufließen[12]. In seinem Unterlauf hat er sich in sein eigenes Alluvium eingeschnitten, dem sinkenden Spiegel des Viktoriasees folgend[13]. Während er selbst das ganze Jahr hindurch Wasser führt, sind viele seiner Nebentäler in der Trockenzeit ohne fließendes Wasser[14] oder führen nur im obersten Teil solches, um sich dann in Papyrussümpfen zu verlieren.

Der Viktoriasee ist das Sammelbecken für die von den Höhen im Osten und Westen herabeilenden Wassermassen,

---

7. Scott Elliot, l. c. S. 73. — Hermann, l. c. S. 170.

8. Siehe Großer Deutscher Kolonialatlas. 1 : 1 000 000.

9. Herrmann, l. c. S. 170—172. — Stuhlmann, l. c. S. 834. — R. Fitzner, Der Kagera Nil. Inaug.-Dissert. Halle 1899. S. 28.

10. R. Fitzner, l. c. S. 63.

11. Herrmann, l. c. S. 172.

12. R. Kandt, Caput Nili. Berlin 1905. S. 249, 281; im übrigen Fitzner, l. c.

13. Fitzner, l. c. S. 74.

14. Scott Elliot, l. c. S. 244. Er durchreiste das Land im August 1894, also zur Trockenzeit.

die sich hier zu einem See aufstauen und dann in enger Schlucht die im Norden sich vorlagernde Scholle durchbrechen. Während der See im Osten und Westen ein großes Einzugsgebiet besitzt, tritt die Wasserscheide im Süden näher an den See und befindet sich im Norden nur wenige Kilometer von seinen Ufern entfernt. Die pultförmige Scholle im Norden fällt steil zum See ab, mag also hier ihre Bruchstufe bilden. Verschiebungen der Uferlinien, die sich nicht auf Schwankungen des Seespiegels zurückführen lassen, machen dies wahrscheinlich[15]. Den Brüchen, die die Existenz des Sees bedingen sollen[16], ist nur untergeordnete Bedeutung beizumessen; sie bewirken, da sie hauptsächlich in Nord-Süd-Richtung verlaufen, einen vorwiegend glatten Küstenverlauf im Osten und Westen, während ihnen die zahlreichen Buchten des Nord- und Südufers zuzuschreiben sind[17]. Mit einer Fläche von 68 000 qkm gehört er zu den größten Süßwasserseen der Erde. Die bisher größte erlotete Tiefe[18] von ca. 80 m läßt ihn als eine flache Wanne erscheinen. Von seinen Zuflüssen sind die des trockenen Südosten die unbedeutendsten. Dagegen haben die größte Bedeutung neben dem Kagera die aus dem Nordosten kommenden. Hier erhebt sich die ostafrikanische Bruchstufe im Mau- und Nandiplateau bis 2000 m durchschnittlich, und der isolierte Vulkanriese Elgon ist über 4000 m hoch. Die Flüsse sind zwar kurz, haben aber ein starkes Gefälle und besitzen einen verhältnismäßig großen Wasserreichtum[19].

Der Viktorianil bildet bei seinem Austritt aus dem See die sog. Riponfälle, die sich an einen Dioritgang[20] knüpfen.

---

15. H. G. Lyons, The rains of the Nile basin and the Nile flood of 1908. Cairo 1909. S. 58—69.

16. M. a. d. D. Sch. 1902, Die Reisen des Bergassessors Dr. Dantz in Deutsch-Ostafrika S. 165. — Stuhlmann, l. c. S. 832.

17. M. a. d. D. Sch. 1902. Dantz, l. c. S. 202.

18. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 59.

19. Ebenda S. 15, 54.

20. Ebenda S. 19.

Er bahnt sich dann weiter in engem Tale seinen Weg durch die dem Viktoriasee im Norden vorgelagerte Scholle, hierbei zahlreiche Stromschnellen bildend[21], aber bald vermindert sich sein Gefälle, seine Ufer verflachen sich, als breiter, schiffbarer Strom ergießt er sich in den Chogasee. Dieser stellt mit seinen benachbarten Seen zusammen ein großes, ganz flaches Ueberschwemmungsgebiet dar, seine Tiefe schwankt nur zwischen 4—9 m[22]. Im Süden und in der Mitte hat er freie Wasserflächen, im übrigen und namentlich an den Ufern ist er mit Papyrus- und Schilfsümpfen bedeckt[23]. Doch kommen innerhalb des Sees auch Inseln fester Erde vor. Ueberraschend ist es, daß sich aus diesem ebenen Gelände felsige Hügel bis 500 m rel. H. erheben[24]. Sie lassen uns erraten, daß hier unter den Seealluvionen ein Bergland vergraben liegt. Daß diese flache Wanne des Chogasees überhaupt noch existiert, verdankt sie einerseits dem Viktoriasee, der allen Schutt seiner Zuflüsse auf seinem Grund ansammelt, andererseits aber der eigentümlichen Bodengestaltung im Ugandaprotektorat, die einer starken Erosion nicht günstig ist. Niedrige, mit Laterit bedeckte und mit Gras bewachsene Hügel durchziehen in endloser Reihenfolge das Land, getrennt von ebenso zahlreichen, flachen Tälern, die nur in ihrem obersten Teil etwas fließendes Wasser besitzen, bald aber nichts als weite Papyrussümpfe darstellen oder von tropischem Urwald bedeckt sind[25]. Von dieser typischen Landschaftsform sind im wesentlichen nur auszunehmen die schon erwähnten Plateaus im Osten, die höchsten Erhebungen am Rande des zentral-

21. G. J., 1909, Februar, Lake Kioga Exploratory Survey S. 192. — Garstin, A Report on the Basin of the Upper Nile. Cairo 1904. S. 72.

22. G. J. 1899 Bd. 13. Kirkpatrick, Lake Choga and surrounding country S. 410.

23. H. Johnston, The Uganda Protectorate. London 1902. S. 64.

24. G. J. 1909 Februar, l. c.

25. H. Johnston, l. c. S. 68, 85, 139. — Scott Elliot, l. c. S. 32, 164. — G. J. 1909 Februar, l. c. S. 194.

afrikanischen Grabens und der südliche Teil von Ankole[26], nördlich vom Zwischenseengebiet. Ankole ist wie dieses ein zerstückeltes Tafelland, das in manchen Punkten über 2000 m Höhe erreicht. Auch der Höhenzug, der das Südostufer des Albertsees begleitet, gehört mit seinen teils tafelförmigen, teils rundlichen Bergen hierher[27]. Nur in diesen Gebieten finden wir gut entwickelte Flußläufe mit klarem, fließendem Wasser.

Kurz nach seinem Austritt aus dem Chogasee erhält der Viktorianil den von Südwesten ihm träge zuströmenden Kafu und fließt wie dieser ein Stück in nordöstlicher bis nördlicher Richtung, offenbar beeinflußt durch den aufgewölbten Rand des zentralafrikanischen Grabens. Er besitzt hier nur ein ganz geringes Gefälle, seine Breite ist gewöhnlich 300 m, manchmal bis 700 m, seine Ufer sind niedrig, auch Papyrussümpfe kommen vor[28]. Plötzlich wendet sich der Fluß nach Westen, ebensogleich ändert er seinen Charakter. Aus dem friedlichen Flachlandstrom wird ein brausender Gebirgsstrom mit steilen Ufern. Gleich zu Anfang bildet er die Karumafälle, und den Beschluß dieses Abschnittes bilden die Murchisonfälle. Es gelingt dem Fluß hier, den aufgewölbten Grabenrand zu durchbrechen; er entwickelt dabei sein relativ stärkstes Gefälle[29]. Für eine Erklärung dieses Durchbruchs, die an dieser Stelle nicht gegeben werden soll, ist vielleicht eine Beschreibung der Murchisonfälle von Bedeutung[30]. Sie knüpfen sich an den Grabenrand und sind schon um 2 km etwa zurückverlegt. Kurz oberhalb der Fälle ist der Fluß in ein 60 m tiefes und

---

26. Johnston, l. c. S. 122—125.

27. Johnston, l. c. S. 139. — P. M. 1879. Emin Pascha, Journal einer Reise von Mruli nach der Hauptstadt Anyoros S. 390.

28. H. G. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 61.

29. Genaueres über die Gefällsverhältnisse bringt Lyons in G. J. 1909 Bd. 34 S. 36—51. The longitudinal section of the Nile.

30. Nature 1902, 9. Juni, S. 188.

nur 9 m, ja an der engsten Stelle nur $5^1/_2$ m breites Cañon eingezwängt. Das Plateau über dieser Schlucht weist noch Reste früherer Flußtätigkeit auf. Bald darauf ergießt sich der Strom in den Albertsee, in den er ein 7 km breites Delta hineingebaut hat[31].

Der Albertsee gehört dem zentralafrikanischen Graben an. Durch den Semliki hat er auch das System des Albert-Edwardsees an sich gezogen. Ueber den ehemaligen Zusammenhang der Seenkette dieses Grabens hat die Expedition des Herzogs Adolf Friedrich von Mecklenburg Aufklärung gebracht[32]. Ursprünglich bildeten der Albert-Edwardsee und Kiwusee ein zusammenhängendes Becken, und die Wasserscheide lag zwischen dem Kiwu- und Tanganikasee, die durch einen Riegel, eine im Graben nur halb eingesunkene Scholle, getrennt waren[33]. Durch die Ausbrüche der Kirungavulkane wurde der Kiwusee von dem nördlichen Becken abgetrennt, sein Spiegel um etwa 550 m gehoben, wodurch er die Möglichkeit gewann, den Riegel im Süden zu durchbrechen. So bilden also heutzutage die Kirungavulkane die Wasserscheide.

Die beiden dem Nil tributären Seen, der Albert- und Albert-Edwardsee, sind charakteristische Grabenseen. Ihre Ost- und Westufer sind steil, oft tritt die Bruchstufe unmittelbar an den See, seltener finden sich flache Ufer zwischen See und Steilrand. Die Nord- und Südufer aber sind flach, häufigen Ueberschwemmungen ausgesetzt und daher meist sumpfig, ihre Fortsetzung bilden weite Alluvialebenen[34].

Von großer Bedeutung ist im Osten des Semliki der Runsoro, ein 5000 m hohes, stark vergletschertes Gebirge,

---

31. Garstin, l. c. S. 76.

32. M. a. d. D. Sch. 1908 Bd. 21 S. 168.

33. Hans Simmer, Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln. München 1906. S. 46.

34. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 66—76. Proc. Royal Geogr. Soc. 1892. Lugard, S. 836—838.

nicht ein ehemaliger Vulkan, sondern ein Horst des archaischen Grundgebirges[35], ein Stück des Grabenrandes. Nach Osten hin entsendet er viele wasserreiche Bäche, die aber nicht, wie man vermuten sollte, zum Viktoriasee abfließen, sondern vom Dwerusee, einem Nebensee im Nordosten des Albert-Edwardsees, aufgefangen werden[36].

Es ist dies nicht der einzige Fall, wo die östliche Bruchstufe des Grabens aufhört, die Wasserscheide darzustellen. Durch die Kirungavulkane sind zahlreiche kleine Seen abgedämmt worden, haben ihren natürlichen Abfluß zum Albert-Edwardsee verloren und sind dem Kagerasystem tributär geworden[37]. Und die südöstlichen Zuflüsse des Albertsees haben ihre Quellen weit im Innern des Landes, um dann in Wasserfällen den Grabenrand hinabzustürzen, wo sie kleine Deltas aufbauen[38].

Der dem Albertsee entströmende Fluß nimmt den Namen Bahr el Gebel, d. h. Bergstrom, an. Er benutzt zunächst noch den zentralafrikanischen Graben, der bis Nimule etwa reicht[39]. Auf dieser Strecke hat er ein ganz schwaches Gefälle und gleicht eher einem langgestreckten See als einem Fluß. Oft ist er von großen Steinblöcken durchsetzt[40]. „In einer palmengezierten Ebene fließt blau und leuchtend der mächtige Fluß in weitem Bogen dahin[41].“ Wie ganz anders bald darauf, nachdem er sich bei Nimule in scharfem Bogen nach Nordwesten gewandt hat. In tief eingerissenem Bette braust er in tausend kleinen Kaskaden dahin[42]. Hier verläßt er das hohe ostafrikanische Land und eilt dem ungeheuren

35. Hans Simmer, l. c. S. 105.
36. Lugard, l. c. S. 837.
37. M. a. d. D. Sch. 1904. Herrmann, Das Vulkangebiet des zentralafrikanischen Grabens S. 46.
38. Garstin, l. c. S. 78, 83.
39. Hans Simmer, l. c. S. 46.
40. Emin Pascha, Reisebriefe S. 11.
41. Ebenda S. 8—9.
42. Ebenda S. 7.

Flachlande zu, das sich von Gondokoro, von 5° nördl. Br. etwa, weit hinauf nach Norden erstreckt. Er bildet dabei zahlreiche Katarakte und Stromschnellen, die jeglicher Schifffahrt unüberwindliche Hindernisse entgegenstellen[43]. Für lange Zeit ist es das letzte Mal, daß der Fluß ein nennenswertes Gefälle entwickelt. Erst nach über 2000 km langem Lauf bildet er die bekannten Katarakte Aegyptens, die aber nur ein schwacher Abglanz derer im Süden sind; auf der dazwischenliegenden Strecke fließt der Nil ohne jegliche Gefällsstörung wie ein träger Tieflandsstrom dahin.

Der scharfe Gegensatz, der zwischen der Gefällsentwicklung nördlich und südlich von Nimule besteht, zeigt uns, daß wir es auf der einen Seite mit einem reifen, auf der anderen mit einem ganz jungen Flußsystem zu tun haben. Da sich derselbe Gegensatz zwischen dem Norden und Süden auch in bezug auf den Formenschatz offenbart, wie wir noch sehen werden, so erscheint es nicht mehr allzu kühn, hieraus den Schluß zu ziehen, daß erst in jüngster Zeit der Erdgeschichte, vielleicht gleichzeitig mit den letzten, großartigen Bewegungen der Erdkruste oder durch dieselben, die Angliederung des Seenhochlandes an das Nilsystem sich vollzogen hat[44].

Nach beiden Gebieten hin seine Gewässer entsendend und wohl auch morphologisch ein Uebergangsgebiet darstellend, ist das östlich des Nil liegende Lattukahochland für die Hydrographie des Stroms von außerordentlich großer Bedeutung. Hier erheben sich noch einmal Bergzüge von

---

43. Ebenda S. 6—7.

44. Gregory, G. J. 1894 S. 512—514. — Dessen weitere Annahme, der Nil sei früher durch den Rudolfsee usw. zum Roten Meer geflossen, stützt sich auf zwei Hypothesen, nämlich daß diese Grabensenke schon vor der zentralafrikanischen enstanden ist und daß die Höhendifferenzen zwischen dem Rudolfsee (380 m) und den über 1500 m hoch gelegenen Seen weiter im Norden erst später entstanden sind. Ein Anhalt hierfür ist bisher nicht gefunden.

2—3000 m Höhe[45], langgestreckte Kämme mit tief eingefurchten Tälern von vorwiegend NW.-SO.-Richtung. Die Schilderungen, die Emin Pascha von diesen Gegenden gibt, lassen die starke Verwitterung und die ebenso bedeutende Erosionstätigkeit der Flüsse erkennen[46]. Die Täler öffnen sich nach Nordwesten. Hier lagern die Bäche ihre Sedimente ab: Eine Ebene mit gelbweißem Sand zieht sich am Gebirgsfuß entlang, sich allmählich in dem nördlichen Sumpfland verlierend[46]. Hier irgendwelche Störungslinien zu vermuten, ist kein Grund vorhanden[47].

Von den Flüssen, die bei der Höhe der Gebirge nach wenigen Stunden Regen bedeutend anschwellen[48], erscheint der Asua als der bedeutendste.

Oestlich von Lattuka tut sich ein auffälliger Wandel, ein Anklang an die sandigen Plateaus und Steppen des Somalilandes kund. Diese Gegend „läßt sich am treffendsten mit einzelnen Strichen Kordofans vergleichen: verstreute, nackte Bergmassen, sandige Steppe, Brunnenbassins, nomadische Bevölkerung[49].“

Sobald der Bahr el Gebel das Hochland verlassen hat, betritt er ein rings von höheren Gebieten eingeschlossenes Becken, das wir nach seinem eigentümlichsten, im Zentrum liegenden Flußgebilde Bahr el Ghasal-Becken nennen wollen. Im Süden erheben sich die Berge von Lattuka, im Osten ragt das abessinische Tafelland jäh hervor, während im Norden die Wüstentafel ganz allmählich bis zu 500 m über der Beckensohle ansteigt, nur im Nordosten dem Abfluß des Weißen Nil Raum gebend. Im Nordwesten bildet der über 1400 m hohe Gebel Marrah die Wasserscheide; vom

45. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 79—81.
46. Emin Pascha, Reisebriefe S. 290, 291.
47. Lyons, l. c. S. 79—81.
48. Emin Pascha, Reisebriefe S. 292.
49. Ebenda S. 399.

Westen bis zum Süden zieht sich ein breiter, allmählich zum Nil ansteigender Rücken, die Nilkongowasserscheide, hin.

Während das Flußsystem des südlichen Bahr el Ghasal-Beckens einen guten Abfluß gewährt, stauen sich im Norden die gesamten Gewässer zu einem großen Sumpfgebiet auf. Vermutlich liegt die Ursache dieses Staus in der Hebung der Wüstentafel, die wohl auch den Knick im Laufe des Bahr el Gebel vor der Sobatmündung verursachen mag.

Alle die zwischen dem 25° und 31° östl. L. von der Nilkongowasserscheide herabströmenden Flüsse, die sich zum Bahr el Ghasal vereinen, zeigen das gleiche Gepräge. Der kräftigste scheint der Suë-Djur zu sein; über die Bedeutung des Bahr el Arab herrscht noch Meinungsverschiedenheit. Eine allgemeine Schilderung des gesamten Flußsystems soll im folgenden geliefert werden.

Die ungeheure Schwelle der Nilkongowasserscheide steigt von ungefähr 400 m Meereshöhe in 8° nördl. Br. bis auf 1000 m durchschnittlich im Süden an. Sie besteht aus einem Grundgerüst von Gneiß, ist jedoch von einer sehr mächtigen Decke von Raseneisenstein (Laterit) überzogen, aus der häufig Gneißkuppen als inselartige Reste ehemaliger Gebirgserhebungen hervorragen[50]. Das Land ist in einem ersten Erosionszyklus von Flüssen, die sämtlich wie noch heutzutage nach Norden konsequent abflossen, bis zum Greisenalter abgetragen. Dieser Vorgang ist durch Brüche, die parallel mit den Höhenlinien verlaufen, gestört worden, so daß das Land terrassenförmig zur Wasserscheide ansteigt. Infolge davon ist eine gesteigerte Erosion in den Quellgebieten, eine weitgehende Akkumulation im Unterlauf der Flüsse eingetreten. Die gesamten Formen des Gebietes zwischen dem 25° und 31° östl. L. lassen sich aus diesen Vorgängen erklären.

---

50. G. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika. Leipzig 1878. Bd. I S. 195, 469.

Die Wasserscheide zwischen Nil und Kongo bringt keine bemerkenswerte Unterbrechung mit sich, im Norden und Süden finden wir dieselbe Landschaftsform von greisenhaftem Charakter. „Ein System von unregelmäßigen, offenen und sehr flachen Sumpfniederungen ohne Wälder zergliedert die Steppenfläche.“ — „die einförmigen Marschen der Mark können die Vorstellung einer derartig obsoleten Wasserscheide vergegenwärtigen[51].“

Im Oberlauf der Flüsse kann man scharf unterscheiden zwischen den durch den ersten und zweiten Zyklus geschaffenen Formen. Aus weiter Ferne gesehen erscheint das Land als eine Ebene, ist aber in Wahrheit „abwechselnd von Erhebungen und Senkungen unterbrochen und nimmt eine charakteristische, langgewellte Bodengestalt an[52].“ In diese alte Landschaft haben die Flüsse durch die jugendliche Hebung ihre Betten tief eingesenkt, meist die Sandsteindecke des Landes durchbrechend[53]. „Die Uferabfälle sind steil und so hoch, daß die gewaltigen Baumformen der Galerien sie oft nur wenig überragen und oben von der Steppe aus betrachtet wie unbedeutende Buschstreifen erscheinen.“ Der Dualismus der Vegetation scheint durch die Durchlässigkeit der Sandsteindecke (Laterit) hervorgerufen zu sein. Im scharfen Gegensatz zu den höhergelegenen, trockenen Steppen stehen die das ganze Jahr hindurch wasserführenden Flußtäler[53], deren Galerien uns von Emin Pascha mit glühenden Farben geschildert werden[54].

Während im Oberlauf die Flüsse jugendlichen Charakter besitzen, nehmen sie im Mittellaufe ein reiferes Gepräge

---

51. P. M. 1871, Schweinfurths Reise nach den oberen Nilländern S. 11.

52. Junker, Reisen in Afrika. Wien u. Olmütz 1889. Bd. I S. 347.

53. P. M. 1871, l. c. S. 12. — G. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika S. 372—373, 398—399.

54. Emin Pascha, Reisebriefe S. 379.

an; nur wenn sie auf den Gneiß stoßen, bilden sie noch Wasserfälle oder Stromschnellen[55]. Noch bleibt der Gegensatz zwischen den trockenen Steppen und den feuchten Flußtälern bestehen[56]; doch erhalten diese, je mehr sie sich dem Unterlaufe nähern, ein immer reiferes Gepräge. Es entwickeln sich Talauen, und wie diese an Breite allmählich zunehmen, nehmen die Talwandungen an Höhe und Steilheit gleicherweise ab. Zur Regenzeit überschwemmt der Fluß die ganze Niederung und lagert seine Sedimente ab, zur Trockenzeit pendelt er in dem tonigen und sandigen Alluvium von einem Hang zum andern, von zahlreichen Altwassern begleitet[57]. In diesem Gebiete tragen die Flüsse schon die in Afrika so häufige Eigentümlichkeit zur Schau, daß die Wassermenge nach der Mündung hin verarmt[58]. Kleinere Flüsse lösen sich zur Trockenzeit in eine Reihe von Teichen auf, Bäche bilden nur noch Sandbetten[59] mit einem Grundwasserstrom dicht unter der Oberfläche.

Im Unterlauf verwischen sich die Gegensätze zwischen Steppe und Flußniederung mehr und mehr. Nur gering sind die Erhebungen zwischen den sumpfigen Niederungen, und nur gelegentlich tritt noch felsiger Boden zutage, von einer charakteristischen Waldvegetation bedeckt[60].

Bald aber verschwindet jedes anstehende Gestein. Es breitet sich eine ungeheure Niederung von schwarzem Alluvialton aus, „wo weitausgedehnte Steppenflächen überwiegen und zusammenhängende Waldungen nur auf kurze

---

55. Schweinfurth, l. c. Bd. I S. 413, 421; Bd. II S. 365.

56. Ebenda Bd. I S. 214.

57. Ebenda Bd. I S. 202, 364, 399; Bd. II S. 363 (nur als Beispiele ausgewählt). — Junker, l. c. Bd. I S. 452.

58. Schweinfurth, P. M. 1871 S. 12.

59. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika, Bd. II S. 366.

60. P. M. Ergänzungsband XI Nr. 51, E. de Pruyssenaeres Reisen und Forschungen . . . S. 13.

Strecken vorkommen“[61]. „Von Juli an werden diese Ebenen unter Wasser gesetzt, überall sieht man die gebleichten Gehäuse toter Schnecken liegen.“ Unter dem alles verhüllenden Alluvium tritt bei 10 Fuß Tiefe der Raseneisenstein hervor[62]. Den Abfluß dieses Gebietes zum Bahr el Gebel bildet der Bahr el Ghasal, den man kaum noch einen Fluß nennen kann. Durch ein meilenweites Sumpfgebiet windet sich in fortwährend schwankender Breite ein meist schmaler Kanal, dessen Ufer nur von schwimmenden Grasdecken gebildet werden. Diese Vegetation ist manchmal so bedeutend, daß sie den Kanal völlig verstopft. Indem die Pflanzen in dieser „Grasbarre“ weiterwuchern, bilden sie ein Hindernis, das der Fluß allein nicht überwinden kann. Hieraus sind die häufigen Seitenarme des Flusses zu erklären[63]. Nur im untersten Teil des Laufes ist eine Strömung bemerkbar[64]. „So erschien der rätselhafte Strom als die schiffbare Rinne eines binnenländischen Limans, d. h. das vereinigte Aestuarium einer Anzahl bedeutender Ströme, vergleichbar etwa der Mündung des Kantonflusses, verflacht, verwachsen und aufs Binnenland übertragen gedacht[65].“ Die dem Bahr el Ghasal zuströmenden Flüsse lösen sich, sobald sie die weite Alluvialebene betreten haben, unregelmäßig auf. Jeder Fluß bildet sein eigenes Sumpfgebiet. Zur Regenzeit werden diese weithin überschwemmt und führen durch Kanäle ihr Wasser dem Hauptfluß zu. Zur Trockenzeit besitzen sie nur ganz wenig Wasser, die Kanäle sind fast trocken; es

---

61. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika, Bd. I S. 195.

62. Ebenda, Bd. II S. 482,483.

63. P. M. 1881. Marno, Die Sumpfregion des äquatorialen Nilsystems und deren Grasbarren S. 411. — P. M. 1882, Die Verlegungen im Bahr el Ghasal und deren Beseitigung im April bis Juni 1881 S. 121 ff.

64. Schweinfurth, l. c. Bd. I S. 124—132. — Junker, l. c. Bd. II S. 68.

65. Schweinfurth, l. c. Bd. I S. 134.

ist dann fast unmöglich, vom Bahr el Ghasal aus in die einzelnen Flüsse zu gelangen[66].

So merkwürdig auch die Hydrographie des Bahr el Ghasalsystems anmuten mag, ist sie doch nichts Einzigartiges, sondern findet ihr Analogon in dem Tschadseebecken[67], das eine ähnliche Lage an der Grenze zum Trockengebiet aufweist. Doch ist die Entwicklung hier schon weiter fortgeschritten, nicht jünger, wie man aus dem Vorhandensein des Sees schließen sollte; denn der Schari-Logone hat in seinem Mittellauf schon ein ausgedehntes Alluvialland aufgeschüttet, über welches hinaus er seine Wassermassen hart an den Wüstenrand, zum Tschadsee, entsendet, wo der Niederschlag wohl kaum halb so kräftig ist wie am Bahr el Ghasal (Kusseri, am unteren Schari 1907 = 455 mm Niederschlag, Doleib Hilla, an der Sobatmündung, Durchschnitt 823 mm, 1907 = 970 mm Niederschlag).

Unter dem 9. Breitengrad findet die Vereinigung des Bahr el Ghasal mit dem Bahr el Gebel statt. Dieser wird vor der (angenommenen) Einbeziehung des äquatorialen Nilsystems nichts anderes gewesen sein, als die übrigen von der Nilkongowasserscheide nach Norden abfließenden Flüsse. Der größere Wasserreichtum aus dem südlichen Einzugsgebiet gibt ihm seine hervorragende Stellung. Der Uebergang vom Berggebiet zum Talgebiet findet infolge seiner größeren Erosionskraft schneller statt. Schon bei Gondokoro ist er von ziemlich niedrigen Ufern begleitet; und diese verflachen sich bald derartig, daß sie nur noch bei Niedrigwasser den Fluß zu beherbergen imstande sind.

---

66. Annales de Géographie 1902. A. H. Dyé, Le Bahr el Ghazal, notions générales . . ., besonders S. 325, 335. — G. J. 1907 Bd. 30. Boyd Alexander, From the Niger, by Lake Chad, to the Nile S. 119. — Schweinfurth, l. c. Bd. I S. 196.

67. Hugo Marquardsen, Oberflächengestaltung und Hydrographie des saharisch-sudanischen abflußlosen Gebietes. Dissert. Göttingen 1909. namentlich S. 11 und 37—42.

Zur Zeit des Hochwassers findet eine ungeheure Wasserabgabe an das umliegende ebene Land statt, welches eben wegen dieser flachen Beschaffenheit nur wenig Wasser dem Fluß zurückgibt. Das meiste stagniert in den zahlreichen Altwassern, Nebenläufen und weiten Sumpfgebieten[68]. Daß die Ueberschwemmungen durch die sehr schnell vor sich gehende Bildung von Grasbarren begünstigt werden, geht aus einem Bericht Marnos[69] hervor: „Während der letzten Zeit der Beseitigung der Barren war ein allmähliches Sinken des Wassers im Flußbett sowie in den seitlichen Maije (d. h. Hinterwassern) deutlich zu beobachten. Aus letzteren ergoß sich dasselbe in zahllosen, kleinen Läufen durch die Papyrusbestände in den Fluß.“ Das Sumpfland nimmt ein von Gondokoro an Breite stetig zunehmendes Gebiet ein. Ueber die wahre Ausdehnung ist man noch nicht im klaren; man neigt aber neuerdings dazu, seine Größe etwas einzuschränken. Von den Flüssen des Bahr el Ghasal-Beckens unterscheidet sich der Hauptstrom dadurch, daß er auf seinem ganzen Lauf ein regelrechtes Flußbett beibehält; doch zeigen die niedrigen Ufer im Sumpfgebiet, daß auch bei ihm die aufschüttende Tätigkeit erst wenig vorgeschritten ist. „Während das Flußalluvium im Berggebiete sandig, selbst schotterig ist, wird es bald (noch vor Bor) erdig und humusreich, durch die stete Unterwassersetzung morastig und schlammig, mit verfaulenden vegetabilischen Resten und infolge des Abbrennens der Vegetationsdecke zur trockenen Jahreszeit mit Asche und Kohlenresten vermengt[70].“

Unter $7^1/_2{}^0$ nördl. Br. zweigt sich aus dem dort sehr breiten Sumpfgebiet ein Flußarm, der Bahr el Zeraf, ab, der kurz vor der Sobatmündung den Nil wieder erreicht.

---

68. Lyons, l. c. S. 91—96.

69. P. M. 1881. Marno: Die Sumpfregion des äquatorialen Nilsystems S. 422.

70. P. M. 1881. Marno, l. c. S. 414.

in seinem nordlichen Drittel entwickelt er höhere Ufer[71] als die westlichen Flüsse, hierin an den Sobat erinnernd.

Eine kurze Strecke fließt der Bahr el Gebel nach seiner Vereinigung mit dem Bahr el Ghasal nach Osten; am Ende dieses Abschnitts mündet rechts einer der bedeutendsten Zuflüsse des Nil, der Sobat. Seine zahlreichen Quellflüsse kommen aus dem etwa 2000 m hohen südabessinischen Plateauland, das mit einem ausgesprochenen Steilabfall nach Westen abbricht. Sobald die zahlreichen Quellflüsse das Gebirge verlassen haben, betreten sie plötzlich ganz ebenes Land, das sie wohl selbst aufgeschüttet haben. Bei Hochwasser überschwemmen sie dies Steppen- und Sumpfgebiet weithin, sonst aber fließen sie in ihrem eigenen, wohlausgeprägten Bett. Ihre Ufer heben sich absolut nicht von der Steppe ab, trotz unmittelbarer Nähe ahnt man oft ihr Vorhandensein nicht[72]. Häufig verästelt sich das Flußsystem; die Anlage scheint rein zufällig, also insequent (im Sinne von W. M. Davis) zu sein. Die gesamten Flüsse werden von dem in trägem Laufe nach Norden abfließenden Pibor[73] aufgefangen. Aus dessen Vereinigung mit dem nördlichsten und bedeutendsten der abessinischen Quellflüsse, dem Baro, entsteht der Sobat. Die Ufer dieses Stromes sind so hoch, daß er das angrenzende Land in der Regel nicht mehr unter Wasser setzen kann[74].

Die schon beim Bahr el Zeraf hervorgehobene, für die Wasserführung des Sobat so bedeutungsvolle Eigentümlichkeit, daß sie im Unterlauf von höheren Ufern begrenzt sind als weiter oberhalb, kann endgültig noch nicht erklärt werden.

---

71. Ernst Marno, Reisen im Gebiete des Nil und im Sudan S. 334. — Lyons, l. c. Plate XII S. 120.

72. G. J. 1901. Mai. Austin, Survey of the Sobat region S. 499.

73. G. J. 1908 Bd. 31. Lieut. Comyn's survey of the Pibor river S. 304—307.

74. Lyons, l. c. S. 152—153.

Wenn man mit Pruyssenaere[75] den Parallelkreis der Sobat- und Bahr el Ghasal-Mündung als geologische Grenze zwischen Nubien und dem südlichen Alluvialgebiet ansehen will, ließe sich der Wechsel des Flußcharakters aus dem der Bodenbeschaffenheit erklären.

Der vereinigte Sobat und Bahr el Gebel hat den Namen Weißer Nil erhalten[76]. Ziemlich schnell verliert er den Charakter, den er im Sumpfgebiet hatte. Er betritt jetzt das große Trockengebiet, die Anfänge der Wüste mit ihren Inselbergen. Die Hauptursache an dem Wandel mag in den veränderten klimatischen Bedingungen gesucht werden, die den Wechsel der Bodenbeschaffenheit schon an sich erklären.

Auf beiden Seiten des breiten Flußtales steigt das Land sanft an und verhindert, daß das Hochwasser ungenützt in weiten Sümpfen sich verliert[77]. Die Hinterwasser und Mäander sind verschwunden; dafür ziehen sich eigentümliche, langgestreckte Inseln durch den Fluß, parallel mit ihm verlaufen schmalere Kanäle, die er vielleicht früher einmal benutzt hat, zahlreiche Sandbänke und Untiefen machen sich bei Niedrigwasser bemerkbar[78]. Die Ufer sind im Süden mehr schilfig und sumpfig, im Norden treten oft schon Dünen auf. Der Schlamm des Weißen Nil ist viel feiner als der aus Abessinien stammende und in Aegypten abge-

---

75. P. M. Ergänzungsband XI Nr. 51. Pruyssenaeres Reisen und Forschungen S. 12.

76. Die häufige Namenänderung: Kagera, Viktorianil, Bahr el Gebel, Weißer Nil, dürfte befremden. Sie ist mit Absicht beibehalten worden; denn es sind tatsächlich ganz andersartige Flüsse, die die verschiedenen Namen tragen.

77. Garstin, l. c. S. 118. — P. M. Ergänzungsband XI, Pruyssenaeres Reisen und Aufnahmen . . . Teil II S. 21. — P. M. Ergänzungsband II, Theodor Kotschys Reise nach Kordofan S. 6. — so daß sie von einer ganz flachen Ebene von Khartum bis Gondekoro Diese Tatsache des Anstiegs ist den meisten Forschern entgangen, zu sprechen pflegen.

78. Lyons, l. c. S. 170.

lagerte. Es ist ein aschgrauer, humöser Ton, der an Fruchtbarkeit hinter dem ägyptischen nicht zurücksteht[79]. Oft wird auch ein Salzgehalt dieses Nilalluviums erwähnt, der hier wie auch in den angrenzenden Landschaften ausgebeutet wird[80].

Bei Khartum findet die Vereinigung der beiden Quellflüsse des Nil, des Blauen und des Weißen Nil, statt.

Abessinien, das Quellgebiet des Blauen Nil, tritt an Größe weit gegen das südliche des Weißen Nil zurück. Es besteht aus 2—3000 m hohen Tafelländern mit über 4000 m hohen Gipfeln. An seinem Aufbau sind archaische Gesteine, Gneiß und Glimmerschiefer, beteiligt, die den gesamten Grundsockel bilden; darauf lagern sich verschiedene Sandsteinschichten; über diese haben sich mächtige Decken von Basalt und Trachyt ergossen[81]. Wenn die Entstehung des Tafellandes auch mit einer horstartigen Erhebung zusammenhängen mag, so beruht seine heutige Höhe doch wesentlich auf den schützenden vulkanischen Decken. Im Osten fällt es steil zu den Küstenebenen des Roten Meeres ab, im Westen zu den Tiefländern des Weißen Nil. Im Norden und Süden geht es allmählich an Breite und Höhe verlierend in die angrenzenden Gebirgsländer über. Da die Tafel im Osten etwa 500—1000 m höher ist als im Westen, richtet sich die allgemeine Abdachung zum Nilsystem; die Wasserscheide liegt daher nahe dem östlichen Steilabfall.

Ist der Sandstein an der Oberflächenbildung beteiligt, so bildet er „große Ebenen oder Plateaus oder horizontale Terrassen"; meist aber haben sich zwischen und über die

---

79. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika, Bd. I S. 60, 61. — P. M. Ergänzungsband II, Theodor Kotschys Reise nach Kordofan S. 7.

80. Russegger, Reisen in Europa, Asien, Afrika, Bd. II 1 S. 114. — Kotschy, l. c. S. 8, 17. — v. Heuglin, Reise in das Gebiet des Weißen Nil S. 39.

81. Genaueres hierüber in der Abhandlung von G. von Klöden, Das Stromsystem des oberen Nil. Berlin 1856. S. 58—62.

Sandsteinschichten Trachyte und Basalte ergossen, die gewöhnlich den Anblick großer, runder Kappen gewähren[82]. Das Plateau bietet daher seltener den Anblick einer Ebene dar, sondern weist häufiger eine wellige Oberfläche auf[83]. Dies ist für die Flußentwicklung von größter Bedeutung. „Die Hochfläche erfreut sich eines dicken Ueberzugs von fruchtbarer, schwarzer Dammerde. Seen, Teiche, Moräste und Sümpfe sind häufig; die Flüsse von schwachem Gefälle haben schlammige, kotige Betten, welche eben deshalb während der Regenzeit undurchwatbar werden[84].“

Ganz anders geartet sind die Ströme in den tiefen Schluchten, die ganz Abessinien in einzelne Abteilungen zerlegen. Zunächst schneidet der Fluß in den vulkanischen Fels der Hochebene ein ganz schmales Cañon ein und braust in einer ununterbrochenen Reihe von Wasserfällen und Stromschnellen dahin. Allmählich verbreitert sich das Tal; der Fluß tritt in den Sandstein ein; bald hat er auch diesen durchsägt, und er verlegt sein Bett tief in das Urgestein. Die oft mehrere Kilometer breiten und über 1000 m tiefen abessinischen Schluchten weisen daher einen immer wiederkehrenden Querschnitt auf. Die obere Hälfte der Talwandung ist ungemein steil, von den harten Basalten gebildet; dann folgen terrasenförmig übereinander liegende Plateaus mit sanfteren Abfällen, den Sandsteinen entsprechend. Zuunterst hat sich der Fluß in das Urgestein ein tiefes, enges Bett mit fast senkrechten Wänden eingerissen[85].

---

82. G. von Klöden, l. c. S. 58—62.

83. G. J. 1900 Bd. XV, A Journey through Abyssinia to the Nile S. 265.

84. Harris, Gesandtschaftsreise nach Schoa Deutsch von K. v. K. Stuttgart und Tübingen 1845. Anhang, S. 17.

85. v. Heuglin, Reise nach Abessinien. Gotha 1857. S. 65. — G. J. 1906 Bd. XXVII, Exploration in the Abai basin S. 535. — Rüpell, Reise in Abessinien, Bd. II S. 212—213. — Klöden, l. c. S. 200. — W. T. Blanford, Observations on the Geology and Zoology

Diese Schilderung paßt für die beiden größten Ströme, den Blauen Nil und den Atbara, für ihre Nebenflüsse sowie für den nördlichsten der abessinischen Flüsse, den Mareb[86] (Khor el Gasch), der den Nil nicht erreicht, sondern vorher bei Kassala versiegt. Ausnahmsweise soll sein Wasser bis zum Atbara gelangen.

Im Herzen Abessiniens liegt der vom Blauen Nil durchströmte Tanasee (1755 m über dem Meeresspiegel, 3000 qkm groß)[87]. Er scheint endogenen Kräften seine Entstehung zu verdanken. Zahlreiche erloschene Kratere erheben sich aus dem See oder an seinen Ufern[88]. Seine kräftigen Zuflüsse haben schon eine ziemlich bedeutende Tätigkeit entfaltet, an ihren Mündungen erstrecken sich ausgedehnte Alluvialebenen[89].

Etwa in 11 ° nördl. Br. verläßt der Blaue Nil Abessinien. Hier findet sich kein schroffer Uebergang von dem Gebirge zur Ebene. Allmählich tauchen die Bergformen unter; schließlich ragen nur noch Inselberge als Reste des Gebirges unter der alles verhüllenden Decke diluvialer und alluvialer Schichten hervor[90]. Der Gebirgsfall ist also vom eigenen Schutt verhüllt.

In der darauffolgenden Ebene bis zur Verbindung mit dem Weißen Nil fließt der Blaue Nil ebenso wie seine zwei rechten Nebenflüsse, der Rahad und Dinder, im eigenen

---

of Abyssinia. London 1870. S. 154. — Beke, On the Nile and its tributaries. G. J. 1847. Vol. XVII S. 79.

86. Näheres über den Mareb: Werner Munzinger, Ostafrikanische Studien S. 436, 440. — Junker, Reisen in Afrika, Bd. I S. 112—113.

87. Lyons, l. c. S. 215.

88. Mitteilungen der afrikanischen Gesellschaft in Deutschland, Bd. III 1881—1883, S. 27. — Klöden, l. c. S. 200.

89. C. E. Dupuis, A Report upon lake Tsana and the rivers of the Eastern Sudan. Cairo 1904. S. 10. (Im Anhang zu Garstin l. c. erschienen.)

90. Russegger, Reisen in Europa, Asien und Afrika, Bd. II 2 S. 689.

Alluvium. Für diese Ablagerungen versucht Russegger folgendes Schema[91] aufzustellen, das wir gekürzt wiedergeben:

1. Jüngster Flußschlamm, Einlagerungen von erdigem Kalkmergel.
2. Fein- und grobkörniges Konglomerat von Quarzgeschieben, durch festen Flußschlamm zementiert.
3. Alter Flußschlamm, fest, mit Einlagerungen von eisenschüssigem Ton, Kieselkalk und Süßwasserquarz. Kalkkonkretionen.
4. Fein- und grobkörniges Konglomerat. Quarzgeschiebe, im Süden auch kristallinische Geschiebe.
5. Süßwasserkalk.

Der Wechsel zwischen Sedimenten aus Schlamm und Konglomeraten läßt auf einen Wechsel in der Kraft des Flusses schließen. Wenn nicht Hebungs- oder Senkungserscheinungen mit im Spiele sind (was bisher nicht erwiesen), so müssen wir aus der Verschiedenheit der Ablagerungen auf Klimaschwankungen schließen[92].

Einen ähnlichen Lauf wie der Blaue Nil hat der Atbara in der Ebene. Gelegentlich durchsägt er die junge Sedimentdecke und schneidet sich in das Urgestein ein[93].

Beide Flüsse haben in der Ebene gewöhnlich ein so tiefes Bett, daß sie auch bei Hochwasser nicht über die Ufer treten. Die Folge davon ist, daß zwar an den Flußufern selbst sich eine üppige Vegetation, häufig sogar Urwald findet, der jedoch nach dem Innern zu schnell dem

---

91. Ebenda, S. 706,707. — Ferner zum Vergleich: P. M. Ergänzungsband II, Theodor Kotschys Reise nach Kordofan S. 3 und P. M. E. XI, Pruyssenaeres Reisen und Aufnahmen ... Teil II S. 22.

92. Eine Pluvialzeit für Aegypten sucht Blankenhorn festzustellen, Z. d. D. Geol. G. 1901 S. 306—502. — Am Tschadsee glaubt Klimaschwankungen zu erkennen Hugo Marquardsen l. c. — Zum Vergleich ferner: The Cairo Scientific Journal March 1908. Lyons, Some unsolved problems of the Nile basin S. 82.

93. Dupuis, l. c. S. 16. — Heuglin, Reise nach Abessinien S. 29.

Steppenwald und schließlich der Grassteppe, beim Atbara sogar schon der unbedeckten Wüste Platz macht. Sind gelegentlich die Ufer so niedrig, daß Ueberschwemmungen stattfinden können, so macht sich dies sofort in der Vegetation bemerkbar[94].

Während der Blaue Nil das ganze Jahr hindurch Wasser führt, trocknet der Unterlauf des Atbara in den Wintermonaten aus, nur in Tümpeln findet sich noch Wasser; und wie schon erwähnt, besitzt der Khor el Gasch überhaupt keinen oberflächlichen Abfluß; doch liefern selbst noch bei Kassala die vielen Brunnen im sandigen Flußbett ein klares, gesundes Wasser, reichlich genug, um selbst die Gärten zu bewässern[95].

Dieser beständig fließende Grundwasserstrom in den sandigen Flußbetten, den Cheran, ist, wie ja für alle trockenen Gebiete Afrikas, auch für die großen Alluvialebenen im Unterlauf der abessinischen Ströme typisch. Es zeigen sich natürlich Uebergänge je nach der Wasserspeisung; ihr unterstes Glied bilden die Trockentäler der Wüste, die Wadis, die meist keinen Grundwasserstrom mehr aufweisen und sich nur nach gelegentlichen Regenschauern als Wasserläufe charakterisieren.

Bald nach der Vereinigung des Blauen und Weißen Nil bildet der Hauptstrom den sogenannten sechsten Katarakt. Hier durchbricht der Nil eine Berggruppe aus alten Eruptivgestein. Nach den vorhandenen Beschreibungen[96] läßt sich vermuten, daß wir es hier mit einem epigenetischen Talstück zu tun haben; sonst wäre es unerklärlich, weshalb der Fluß sich seinen Weg durch einen über 100 m hohen Inselberg harten Gesteins gebahnt hat, anstatt ihn zu umgehen.

---

94. Ernst Marno, Reisen im Gebiet des Nil und im Sudan. S. 28. P. M. Ergänzungsband III Nr. 13, Die Deutsche Expedition in Ostafrika, S. 23.

95. Junker, Reisen in Afrika, Bd. I S. 112—113.

In seinem weiteren Lauf durcheilt der Nil wüstenhafte Landschaften; Niederschläge und somit auch Zuflüsse von Belang hören auf; eine weitere morphologische Beschreibung dieser Gegend ist deshalb für die Zwecke dieser Arbeit nicht vonnöten.

---

96. Russegger, l. c. Bd. II 1 S. 510. — Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 256.

II. Kapitel.

Der Niederschlag.

Die jahreszeitliche Verteilung und Stärke des Niederschlags zeigen im Gebiet des Nil eine deutliche Abhängigkeit vom Zenitstande der Sonne, von der Verteilung der Winde und von der Orographie des Landes. Im Süden, am Aequator, bilden sich zur Zeit der Zenitstände im Frühling und Herbst zwei Regenzeiten aus; weiter im Norden, im Gebiet des Bahr el Gebel, des Weißen und des Blauen Nil, müßten schon rein theoretisch infolge des Aneinanderrückens der Zenitstände die beiden Regenzeiten in eine einheitliche Sommerregenzeit verschmelzen, aber dies findet viel schneller statt, als aus den Zenitständen gefolgert werden könnte. Maßgebend für den Eintritt der Regenzeit erscheint hier in erster Linie der Wechsel der Winde. Nordwinde bedingen im Winter die Trockenzeit, Südwinde aus dem feuchten Zentralafrika im Sommer die Regenzeit. Daß hier nicht der Zenitstand der Sonne den Regen hervorruft, zeigt die Westküste des Roten Meeres, wo im Winter die feuchten Nordostwinde die Regenzeit, die Südwestwinde im Sommer hingegen die Trockenzeit hervorrufen, was also eine Einwirkung des Sonnenstandes direkt ausschließt. In Abessinien bedingen die gewaltigen Bergmassen einen für den Nil höchst bedeutungsvollen Niederschlag.

Der soeben erwähnte Wechsel der Winde ist eine in Nordost-Afrika bis zum 18° nördl. Br. bekannte Erscheinung. Während im Süden des Aequators regelrecht das ganze Jahr hindurch der Südost-Passat ausgebildet ist, wird der

Nordost-Passat der Nordhemisphäre im Sommer von Süd- und Südwest-Winden abgelöst, die die Fortsetzung des infolge der Erdrotation abgelenkten Südost-Passates darzustellen scheinen. Diese auffällige Tatsache läßt sich nicht, wie Lyons[1] es versucht, aus dem Vorrücken des äquatorialen Kalmengürtels erklären; denn dann müßte dieser im Sommer mit seiner Südgrenze bis über 18° nördl. Br. hinausrücken. Dies aber widerspricht unseren bisherigen Erfahrungen[2]. Auch fehlt schon von 5° nördl. Br. an, von wo an gerade der typische Wechsel zwischen nördlichen und südlichen Winden beginnt, das Zwischenglied der beiden Passate, der Kalmengürtel, dem die Winde zuströmen sollten und der sich deshalb als Gebiet aufsteigender Luftströme bemerkbar machen müßte[3].

Leichter läßt sich der Wechsel der Winde als ein monsunartiger Umschwung ähnlich den indischen Monsunen erklären[4].

Es hat allen Anschein für sich, daß im Innern des äquatorialen Afrika kein stark ausgeprägtes sommerliches Luftdruckminimum besteht; ebenso sind die Schwankungen zwischen Sommer und Winter nur unbedeutend. Demgegenüber treten die extrem kontinentalen Verhältnisse über dem arabisch-zentralasiatischen Länderkomplex scharf in die Erscheinung. Im Sommer bildet sich hier ein starkes Minimum, im Winter ein ebensolches Maximum aus. Die natürliche Folge muß ein Abströmen der Luft aus Asien nach Zentralafrika im Winter und die umgekehrte Zirkulation im Sommer sein. Demnach würden also die Winde Nordost-Afrikas ein

---

1. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 12.
2. Hann, Klimatologie, 3. Aufl., Bd. II S. 12.
3. Siehe die Tabellen der Windrichtung bei Lyons, l. c. S. 33, 86, 96, 124, 147, 166.
4. Dies deutet Lyons, l. c. S. 11, auch an, widerspricht dem aber S. 12.

Seitenstück zu den indischen Monsunen und zu den Winden an der deutsch-ostafrikanischen Küste bilden.

Auf eine tabellarische Zusammenstellung des mittleren monatlichen Niederschlags kann verzichtet werden, da eine solche sich bei Lyons[5] veröffentlicht findet. Einen Ersatz hierfür bietet das Diagramm, Tafel I. (Siehe Anhang.)

Auf der Abszissenachse sind die Monate eingetragen. Auf der Ordinatenachse sind die Regenstationen im wahren Verhältnis ihrer Breitenabstände voneinander eingezeichnet. Diese Punkte stellen die Nullpunkte für die Niederschlagskurven der einzelnen Stationen dar[6]. Mit Sternen (*) sind die Zenitstände der Sonne bezeichnet.

Die Summe des Niederschlags für die einzelnen Jahre und für das Mittel der Periode von 1902—1908 ist neu berechnet worden. Die hieraus gewonnenen Werte sind für die Stationen mit mindestens 3 Beobachtungsjahren in Tabelle I wiedergegeben.

Lyons wendet zur Bestimmung des Niederschlags folgende Methode an: Wenn in einem Jahre die Beobachtungen eines oder mehrerer Monate fehlen, so ergänzt er diese nicht durch Reduktion. Durch Addition der vorhandenen Monate erhält er einen (natürlich viel zu kleinen) Jahreswert, den er in Klammern angibt. Das langjährige Mittel berechnet er aber nicht aus diesen Jahreswerten. Vielmehr bildet er die langjährigen Monatsmittel wieder ohne zu reduzieren aus den vorhandenen Beobachtungen, so daß z. B. das Januarmittel aus 1, 2 oder 3, dagegen das des Februar aus 5, 6 oder 7 Einzelwerten abgeleitet sein kann. Aus den so berechneten Monatsmitteln bestimmt Lyons das Jahresmittel. Als Mittel für eine bestimmte Reihe von Jahren ist dies natürlich nicht zu verwerten.

Da die meisten Stationen erst seit 1902—1904 eingerichtet sind, sind die Mittel für 1902—1908 berechnet. Die fehlenden Monate sind durch Vergleich mit den übrigen Jahren sowie mit benachbarten Stationen interpoliert. Da es sich zeigt, daß die Monatswerte für ziemlich nahe liegende Stationen nicht immer in demselben Verhältnis stehen, können die Zahlen für den Jahresniederschlag nur Anspruch auf angenäherte Richtigkeit machen, sie sind daher abgerundet worden.

---

5. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904—1908. Cairo 1905—1909. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . Cairo 1906.

6. Für die Monatsmittel ist benutzt: Lyons, The rains of the Nile basin and the Nile flood of 1908 S. 16 ff.

Dasselbe zeigt sich bei der Reduktion kürzerer Jahresmittel auf das von 1902—08. Oft stimmen zwei Stationen für 3 bis 4 Jahre völlig überein, im nächsten aber kann sich eine völlige Disharmonie ergeben. In solchen Fällen sind trotzdem Reduktionen vorgenommen; sie sind nach dem allgemein üblichen Verfahren angestellt worden.

Für die Stationen Muansa und Bukoba gibt Uhlig[7] teilweise andere Werte als Lyons. Bei Muansa sind Mai 1902 bis April 1903 durch 5 dividiert; diese Zahlen sind verwertet worden. Bei Bukoba erhebt Uhlig Bedenken[8] gegen Mai 1903 bis April 1904. Die hohen Werte sind zwar durchaus nicht unmöglich, da dort hauptsächlich Gewitterregen fallen, sind aber eben deshalb nur von lokaler Bedeutung. Von November 1903 bis April 1904 ist die Division durch 5 durchgeführt.

(Noch andere Werte für Muansa, die Heidke, M. a. d. D. Sch. 1908 S. 41 ff. bringt, bleiben unberücksichtigt, da eine Begründung fehlt.)

Tabelle I. Jährlicher Niederschlag, 1902 bis 1908 in mm.

	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	Mittel
Viktoria- und Albertsee:								
Muansa	936	1185	939	974	1250	925	1200*	1055
Bukoba		2043	1624	1951		1200*	2130	1790**
Schirati	600*	811		975	760*	583	661	713**
Entebbe	1293	1769	1600	1670	1526	1479	1315	1522
Jinja	1278	1167	1116	1071	1196	1033	958	1117
Kisumu	1082*	1514	1105	1363	1808	771	1338	1283
Mumias	1893	2319	1748	1893	1768	1540	1892	1865
Lumbwa				1275*	1821	2171	1254	1480**
Muhoroni				1950*	1769	1313	1892	1820**
Nandi				2600*	1873	1277	1838	2000**
Port Florence					1801	846	1385	1320**
Kericho				2235	1805	1516	2056	2000**
Masaka		1100*	1276	1121	1496	1378	1211	1264
Mbarara	889	1150*	2316	2427	1750	2591	1924	1864
Fort Portal		1340*	1297		1353	1421	1319	1346
Butiaba			965	1263	962	712	618	904
Bahr el Gebel:								
Wadelai	1253*	1142	1167	858	1417	1000*		1133**
Nimule			965	1168	989	1089	1108	1080**

7. M. a. d. D. Sch. 1906 S. 335.
8. Ebenda S. 313.

	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	Mittel
Gondokoro	1208	1163	1019	999	1338	1136	1106	1138
Mongalla		1105*	912	941	934	667	1412	1016**
Bor				690*	954	998	864	868**
Ghaba Shambe			460	649	997	550	828	710**
Bahr el Ghasal:								
Wau			716	950	861	1009	1367	981
Deim Zubeir					877	1000*	1380	990**
Meschra el Rek					680	537	869	630**
Sobat:								
Gambela					1200*	1000*	1138	1060**
Doleib Hilla		950*	798	690	717	970	808	823
Weißer Nil:								
Taufikia					600*	808	668	680**
Kodok			494	630*	852	570	827	675
Melut					600	553	738	570**
Renk					475*	442	533	460**
Goz Abu Goma					270*	449	255	260**
Kawa					350*	168	374	240**
El Dueim	298	199	163	146	606	169	276	265
El Obeid	350*	214	312	390	484	439	560	393
Geteina					140*	139	189	156
Khartum	123	68	130	159	227	189	152	150
Blauer Nil:								
Adis Ababa	1236	1308*	1232		1550	988	1126	1263
Gondar[9]								1014
Roseires			706*	835	834	766	886	805
Abu Naama					878	831	373	700
Singa					670	581	715	630**
Sennar					483	332	423	400**
Wad Medani	315*	32	285	726	382	387	205	347
Mesellemia					147	178	384	240
Managil					363	155	470	260**
Kamlin					129	322	228	150**
Abu Deleig					182	254	120	150**
Atbara:								
Gallabat			891	812	944	762	858	853
Gedaref			587	647	701	618	540	620
Khashm el Girba			250*	350*	510*	320*		300**

9. Nur das dreijährige Mittel für Gondar ist veröffentlicht in Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1908. S. 20.

	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	Mittel
Khor el Gasch:								
Kassala	201	266	320	378	280	404	342	349
Addi Ugri	650	450	440	699	480	491		535
Asmara			430*		335*	700*	420	470

* Durch Interpolation von Monaten gewonnen.
** Durch Reduktion gewonnen.

Ein Vergleich zwischen den einzelnen Stationen läßt erkennen, wie wenig man aus den einzelnen Zahlen auf einen starken Niederschlag in einem größeren Gebiete schließen darf[10]. Auf eine Feststellung des mittleren Niederschlags der verschiedenen Flußgebiete in den einzelnen Jahren muß daher verzichtet werden.

An der Hand der Tabelle I und der Tafel I lassen sich die allgemeinen Niederschlagsverhältnisse erklären.

Wie schon erwähnt, gehört der südlichste Teil des Nilsystems, das Gebiet des Viktoriasees, in den Bereich der doppelten Regenzeit. Die südhemisphärischen Winterregen machen sich hier noch nicht bemerkbar. Doch muß die Wasserscheide des Viktoriasees im Süden ungefähr mit der Scheide zwischen der doppelten und der Winterregenzeit zusammenfallen; denn Tabora in 5° südl. Br. (Tafel I, Kurve 1) zeigt deutlich eine große, scharf ausgeprägte Trockenzeit während des Sommersolstitiums und eine einheitliche Regenzeit von November bis April, wenn die Sonne nach dem Süden wandert. Dies Gebiet steht das ganze Jahr hindurch unter der Herrschaft des Südost-Passates, der zur Trockenzeit am schärfsten weht. Die Regenzeit entsteht unter dem Einfluß des Kalmengürtels, der seine Ausläufer dann bis hierher erstreckt[11].

10. Ein genaueres Studium dieser Verhältnisse ermöglichen Tabellen bei Lyons, The rains of the Nile basin . . ., in denen die Abweichung des Niederschlags vom Mittel in Prozenten ausgedrückt ist.

11. Siehe die Tabelle der Windrichtung in Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 32.

Doch der eigentliche Kalmengürtel mit zwei deutlich ausgesprochenen Regenzeiten reicht nur von etwa 3° südl. Br. bis 2° nördl. Br., umfaßt also das Gebiet des Viktoria-, Albert- und Albert Edwardsees. Soweit unsere Kenntnis reicht, ist hier der teilweise schon nach Süden umbiegende Südost-Passat noch das ganze Jahr hindurch vorherrschend. Doch überwiegen oft örtliche Erscheinungen, so die täglich wechselnden Land- und Seewinde des Viktoriasees. Regenbringend wirkt jedoch der Zenitstand der Sonne, wie dies die drei Kurven für Muansa, Entebbe und Fort Portal deutlich zeigen. (Tafel I, Kurve 2, 3, 4). Im Gebiet des Viktoriasees ist hauptsächlich die Frühjahrsregenzeit stark ausgebildet, die im Herbst ist weniger bedeutend, bei manchen Stationen tritt sie nur noch unklar hervor. Der Südost-Passat hat hier die Wirkung, die Seewinde im Norden und Westen zu verstärken, im Süden und Osten abzuschwächen. Dadurch wird das Südost-Ufer des Viktoriasees am trockensten (Schirati, Tabelle I), wo der Einfluß der angrenzenden, abflußlosen Gebiete von Deutsch-Ostafrika am stärksten ist. Hier ist es fast ausschließlich der Zenitstand der Sonne, der die Regen bringt. Da der Südost-Passat trocken ist, heben sich die Regenzeiten scharf von den Trockenzeiten ab (Tafel I, Kurve 2). Im Westen und Norden des Sees, sowie zum Albertsee hin, regnet es das ganze Jahr hindurch; doch sind die zwei Maxima noch deutlich ausgebildet.

Der befeuchtende Einfluß des Viktoriasees reicht nicht weit; nur ein ganz schmaler Gürtel an der West- und Nordküste, sowie das hohe Nandiplateau, empfangen starken Niederschlag[12], nach dem Inneren zu gelangt man bald wieder in trocknere Gebiete, die Seewinde erschöpfen sich gemäß ihrer geringen Mächtigkeit sehr schnell. Erst in

---

12. Johnston, The Uganda Protectorate S. 300. — Hettner. G. Z. 1903. Hans Maurer, Deutsch-Ostafrika, eine klimatologische Studie S. 146—148.

den höheren Gebieten des zentralafrikanischen Grabenrandes stellt sich wieder größere Feuchtigkeit ein. Es wiederholt sich hier also im Kleinen, was der Südost-Passat bei seinem Weg über Deutsch-Ostafrika im Großen zeigt.

Bemerkenswert ist, daß im Gebiet des Viktoriasees das absolute Maximum des Niederschlags immer in den April oder Mai fällt, in der Gegend des Albertsees jedoch in die Herbstmonate. Es ist dies eine für die Abflußverhältnisse überaus wichtige Tatsache.

Eine zweite klimatische Region erstreckt sich von 2° bis etwa 8° nördl. Br. Es ist in jeder Beziehung ein Uebergangsgebiet zwischen dem Kalmengürtel des Aequators und dem Gebiete im Norden mit kurzen Sommerregen. Es zeigt daher in seinen Grenzgebieten starke Anklänge an diese Typen. Macht sich auch noch oft zur Regenzeit ein Eintreten oder Vorherrschen von Windstillen bemerkbar, so zeigt sich doch auch schon von 5° nördl. Br. an der regelmäßige Wechsel der Winde von Süd nach Nord, sobald die Regenzeit einsetzt[13]. Läßt sich im Süden manchmal noch ein Zusammenhang des Niederschlags mit dem Zenitstand der Sonne feststellen, so bildet sich im Norden allmählich eine einheitliche Regenzeit aus. Der bedeutendste Unterschied gegen die Aequatorialzone ist das völlige Fehlen einer Trockenzeit im Sommer, von der nördlichen Zone unterscheidet sie sich durch die um 2—3 Monate größere Ausdehnung der Regenzeit.

Die südlichste Station dieser Art ist Wadelai (Tafel I). Die Trockenzeit im Dezember ist scharf ausgebildet, die des Sommers fehlt gänzlich. Sonst zeigt die Kurve noch große Anklänge an Fort Portal, namentlich in bezug auf das Maximum im Oktober, entsprechend dem Sonnenstand.

Einen einheitlichen Charakter gewähren die beiden

---

13. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 85, 86 (Lado liegt dicht bei Gondokoro).

folgenden Stationen, Nimule und Gondokoro. Letzteres gehört schon dem System der wechselnden Nord- und Südwinde an; doch sind auch die Kalmen noch zahlreich[14]. Beide Kurven zeigen ein Maximum im Mai, ein sekundäres im Oktober, eine deutliche Trockenzeit im Winter. Wenn man will, kann man den Niederschlag noch mit dem Stand der Sonne in Zusammenhang bringen. Da die Orte am Nil in ca. 600 und 500 m Meereshöhe liegen, können sie mit 1000 und 1100 mm Niederschlag nicht die Werte für die Gebirgsländer im Westen und Osten des Flusses repräsentieren; dort ist viel stärkerer Regen zu erwarten.

Betritt man die Flachländer von 5° nördl. Br. an, so macht sich eine stetige Abnahme des Niederschlags nach Norden hin bemerkbar. Ghabe Shambe und Wau (Tafel I, Kurve 8 und 9) können noch zu der Uebergangszone gerechnet werden. Zwar spielen die aufsteigenden Luftströme gegenüber den Nord- und Südwinden kaum noch eine Rolle[15], und eine Beziehung der Maxima zu den Zenitständen tritt nicht mehr zu Tage; aber die Regenzeit ist noch nicht so ausgesprochen und scharf abgegrenzt gegen die Trockenzeit wie weiter im Norden.

Von etwa 8° nördl. Br. bis zu den Grenzen gegen die Wüste hin breitet sich die dritte Zone mit einer kurzen Regenzeit im Sommer und einer langen Trockenzeit im Rest des Jahres aus. Das Typische an der Regenperiode ist, daß sie erst 5—6 Wochen nach dem ersten Zenitstand des Jahres eintritt und etwa gleichzeitig mit dem zweiten aufhört. Das deutlich hervortretende Maximum liegt zwischen beiden Zenitständen. Die Dauer sowohl wie die Stärke der Niederschläge nimmt nach Norden zu rasch ab.

Eine besondere Stellung nimmt Abessinien insofern ein, als hier die soeben besprochenen Eigentümlichkeiten

14. Lyons, l. c. S. 85, 86.
15. Ebenda S. 96, 124.

in extremster Weise zum Ausdruck gelangen. Doch sind bisher für das Gebiet mit stärkstem Niederschlag in Abessinien, für den Südwesten, überhaupt keine Beobachtungen vorhanden. Es ist dies die größte Lücke in dem Netz der Regenstationen gerade an der wichtigsten Stelle und kann durch keine Interpolationen ausgefüllt werden.

In den Ebenen des Westens spielt sich der Wechsel der Winde ganz klar ab[16]. Solange die Nordwinde wehen, herrscht Trockenheit, sobald aber im Mai die Südwinde einsetzen, bringen sie aus den äquatornahen Gegenden Feuchtigkeit mit, und die Regenzeit setzt ein; sie dauert solange wie die Südwinde; im Oktober werden sie durch Nordwinde und Trockenzeit wieder abgelöst.

In Abessinien tritt dies nicht so deutlich zu Tage. Lokale Winde werden oft den Charakter der Winde beeinflussen. Doch läßt sich noch einigermaßen erkennen, daß zur Trockenzeit Nordost- bis Ostwinde, zur Regenzeit Südwest- bis Westwinde vorherrschen.

Die Regenverhältnisse der Ebene werden durch Doleib Hilla, Roseires, Khartum vertreten (Tafel I, Kurve 11, 12, 14). Sehr schön läßt sich hier das allmähliche Zusammenschrumpfen der Regen in bezug auf die Ausdehnung im Sommer und die Quantität erkennen.

Adis Ababa (Tafel I, Kurve 10) liegt zwar nicht im Einzugsgebiet des Nil; da es aber die einzige Station im Südosten von Abessinien ist und noch dazu dicht an der Wasserscheide gegen den Blauen Nil liegt, mag es als Repräsentant dieses Gebietes gelten. Gemäß seiner südlichen Lage (9° nördl. Br.) ist die Trockenzeit noch ziemlich kurz, aber die scharfen Regenfälle des Juli und August treten doch schon maßgebend hervor.

Die einzige Station, die uns die Regenfälle vergegenwärtigen kann, denen der Blaue Nil und somit auch der

16. Ebenda S. 147, 166, 200, 201.

ägyptische Nil sein Anschwellen verdankt, ist Gondar (Tafel I, Kurve 13) im Norden des Tanasees, noch in dessen Depression gelegen, so daß der jährliche Niederschlag 1000 mm kaum überschreitet; doch sind die Monate Dezember bis April absolut regenlos, und auf die Monate Juni bis September entfallen fast 90 % des gesamten Niederschlages.

Unter Berücksichtigung der so gewonnenen Anhaltspunkte ist eine Niederschlagskarte des oberen Nilbeckens entworfen worden in der Projektion von Sanson-Flamsteed (siehe Anhang, Tafel II). Verwertet sind in erster Linie nur die Stationen mit vier oder mehr Beobachtungsjahren, die mit weniger Jahren sind als Hilfspunkte eingetragen. Die Isohyeten von 0—750 mm sind in Abständen von 250 mm, darüber hinaus von 500 mm eingezeichnet, um so den größten Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen; die 1750 mm Linie umschließt die Gebiete von 1750—2000 mm Niederschlag. Und doch bietet die Karte oft mehr Einzelheiten als die bisher erschienenen. Die Karten von De Martonne[17] und von Fraunberger[18] können sich noch nicht auf die neuen englischen Beobachtungen stützen; die von Johnston[19] ist eher als ein persönlicher Anschauung entspringender Entwurf anzusehen, aber gerade dadurch wertvoll. Die Fitznersche[20] Karte beschränkt sich auf Deutsch-Ostafrika, eine von Britisch-Ostafrika[21] ist nur skizzenhaft. Die Karte von Lyons[22] umfaßt das ganze Nil-

17. Z. d. G. f. Erdkunde, 1897, Bd. 32 Tafel X S. 349.

18. Georg Fraunberger, Studien über die jährlichen Niederschlagsmengen des afrikanischen Kontinents. P. M. 1906. S. 73—82.

19. Johnston, The Uganda Protectorate, Bd. I S. 302.

20. Rudolf Fitzner, Die Regenverteilung in den deutschen Kolonien.

21. G. J. 1907 Bd. 29. George Bransby Williams, The rainfall of the British East Africa Protectorate S. 654—660.

22. H. G. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1906.

gebiet; sie beschränkt sich aber auf eine maximale Isohyete von 1000 mm.

Wo ausreichende Beobachtungen fehlen, ist auf das Bodenrelief, namentlich aber auf die Schilderungen von Reisenden in bezug auf Klima und Pflanzenkleid Rücksicht genommen. Auf diese Weise sind öfter Isohyeten ohne Anlehnung an eine Station gezogen. Es ist davon abgesehen, diese in Tafel II durch gestrichelte Linien anzudeuten, da der größere Teil der Karte skizzenhaft ist.

Daß der Niederschlag von dem Ufer des Viktoriasees nach dem Innern zu abnimmt, wird für Karagwe von Maurer[23] bezeugt und geht im Norden aus dem Beobachtungsmaterial hervor. Die weitere Abnahme des Regens im Norden des Chogasees läßt sich aus den Schilderungen von Johnston[24] und auch aus seiner Regenkarte entnehmen.

Daß im Gebiet des Albert Edwardsees ein geringerer Niederschlag als auf dem östlichen Grabenrand zu erwarten ist, lehren die ähnlichen Verhältnisse am Albertsee sowie am Tanganikasee[25]. Daß im Bergland von Lattuka eine Zunahme des Niederschlages stattfindet, steht außer Frage; doch kann für den genaueren Verlauf der Isohyete ebensowenig verbürgt werden wie für die 500 mm Linie im Nordosten davon, die sich auf die Berichte von Emin Pascha stützt (siehe oben, S. 21). Das Bahr el Ghasal-Becken ist an der Grenze gegen den Kongo am feuchtesten. Gelegentlich mag auch noch im Nordwesten die 1250 mm Isohyete zum Nilgebiet übergreifen, im allgemeinen dürfte sie jedoch parallel mit der Wasserscheide verlaufen. Die 1250 mm Isohyete schließlich, die den größten Teil Abessiniens umgibt, ist einfach aus dem Gelände abgelesen und im Südwesten, der Luvseite des Regens, etwas weiter

---

23. Hettn. Geogr. Z. 1903. Hans Maurer, Deutsch-Ostafrika, eine klimatologische Studie S. 146—148.

24. Johnston, l. c. Bd. I S. 62—66.

25. Hettn. Geogr. Z. 1903. Hans Maurer, l. c. S. 146—148.

vorgeschoben worden. Ob mehr als 1750 mm Niederschlag für einen größeren Teil Abessiniens zu erwarten steht, scheint doch zu fraglich, um eine ganz vage Linie hierfür einzuzeichnen.

Was lehrt nun diese Karte? Sie zeigt uns, wie klein die Gebiete sind, aus denen der Nil seinen Wasservorrat schöpft. Schon in 7° nördl. Br. verläßt der Bahr el Gebel endgültig das Land mit mehr als 750 mm Niederschlag; er fließt in immer trocknere Gebiete, um schon bald hinter Khartum fast völlig niederschlagsloses Land zu betreten. Ebenso haben die abessinischen Ströme in ihrem Oberlauf reichlichen, im Unterlauf nur noch spärlichen Niederschlag. Wenn man nun die mittlere Regenhöhe für das Gebiet des Nil oder seiner Zuflüsse bestimmen will, so sieht man sich vor die Frage gestellt, wie weit reicht das Einzugsgebiet, sollen wir die wüsten und trockenen Gebiete des Nordens, wo kaum ein Tropfen Wasser fällt, geschweige denn zum Nil abfließt, mitrechnen? Lyons tut dies und gibt z. B. für den Weißen Nil von der Sobatmündung bis zu der des Blauen Nil ein Einzugsgebiet von 353 550 qkm an[26]. Er rechnet also das ganze zum Nil hin sich abdachende Land zum Einzugsgebiet des Flusses. Um entscheiden zu können, ob er dies mit Recht oder Unrecht tut, müssen wir uns die Frage vorlegen, reicht das Einzugsgebiet eines Flusses soweit, wie das fließende Wasser die Möglichkeit hat, gemäß der Abdachung seinen Weg zum Flusse zu finden, oder nur so weit, wie die klimatischen und sonstigen Verhältnisse ein Abfließen gestatten, d. h. ist das Einzugsgebiet das Gebiet des tatsächlichen oder des möglichen Abflusses?

Denken wir uns einen Fluß, dessen Abdachung zum Meere hinweist, der aber, bevor er münden kann, im Sande versiegt; es wird uns nicht einfallen, einen solchen Fluß, mag er noch so groß sein, dem Einzugsgebiete des be-

---

26. Lyons, l. c. S. 7.

treffenden Meeres zuzurechnen; wir werden sein gesamtes Gebiet vielmehr ohne weiteres zu den abflußlosen rechnen. Und wenn wir dies auf unsern Fall anwenden. — Ist es etwa etwas anderes, wenn das abflußlose Gebiet seine Abdachung einem Flusse zuneigt oder wenn der Fluß das Trockengebiet zu durcheilen vermag?

Unter diesen Gesichtspunkten erscheint es als unstatthaft, Gebiete ohne Abfluß in das Einzugsgebiet eines Flusses mit einzuberechnen. Vielmehr müssen wir in einem solchen Falle unterscheiden zwischen dem Teil, dem der Fluß seine Speisung tatsächlich verdankt, und demjenigen, dem er nur als ein fremder Faktor, als das Erzeugnis eines anderen Klimas angehört, wo bald infolge der Verdunstung und der Wasserabgabe an den ausgedörrten Boden eine Verarmung der Wasserführung eintreten wird. Um Irrtümer zu vermeiden, soll daher im folgenden nur von den Abflußgebieten der Ströme gesprochen werden. Die abflußlosen Teile, die sich den Nährgebieten gegenüber als Zehrgebiete charakterisieren, sollen bei der Bestimmung des mittleren Niederschlags ebenso wie später bei der der mittleren Abflußhöhe außer Acht gelassen werden.

Wie aber nun die Grenzen dieser beiden Gebiete gegeneinander ziehen? In erster Linie ist hierbei natürlich der Niederschlag zu berücksichtigen. Doch ist auch die Bodenkonfiguration nicht zu vernachlässigen; denn es ist klar, daß gebirgiges Land eine viel leichtere Abflußmöglichkeit bietet als ebenes Alluvialland. Auch ist die jahreszeitliche Verteilung des Niederschlages nicht bedeutungslos; denn wenn der gesamte Regen sich auf wenige Monate zusammendrängt, kann wohl ein Abfluß stattfinden, während von einem Lande mit gleichem oder noch stärkeren Niederschlag, wo die Verdunstung das ganze Jahr hindurch dem gleichmäßig fallenden Niederschlag entgegenwirken kann, kein Tropfen abfließt.

Unter diesen Gesichtspunkten sind die Grenzen der

Abflußgebiete gezeichnet und ihre Größe planimetrisch bestimmt. Es ist davon abgesehen, die kleinen Gebiete im Südosten des Viktoriasees und im Osten des Lattukabergl andes auszuscheiden, weil deren wahre Größe überhaupt noch nicht hinlänglich feststeht. Nur gegen die nördliche Wüste ist die Grenze gezogen. Darfur, das Land im Nordwesten des Bahr el Ghasal-Beckens, mit einzubeziehen, erscheint nach den neuesten Berichten als unstatthaft[27]; wenn überhaupt jemals Wasser zum Bahr el Arab gelangen sollte, so kann dies doch nur ganz bedeutungslos sein.

Auffällig an dem sonstigen Verlauf der Grenzlinie kann es erscheinen, daß der Weiße Nil unterhalb der Sobatmündung ganz ausgeschaltet ist. Es darf wohl angenommen werden, daß im südlichen Teil ein gewisser Abfluß stattfindet; erstlich mag er ziemlich unbedeutend sein, so daß der entstehende Fehler nur ganz klein sein kann; da aber alles in allem der Weiße Nil vom Sobat bis zum Blauen Nil eine Verarmung der Wasserführung erfährt, tritt der Einfluß des Niederschlages im Süden überhaupt gar nicht hervor. Wenn hier vielleicht das Abflußgebiet für den gesamten Nil etwas zu klein ausfällt, so mag man bedenken, daß auch kleine, schon ziemlich trockene Gebiete mitgerechnet sind und daß die Grenze meilenweit Länderstrecken durchmißt, die noch kein Europäer betreten hat. Auch beim Blauen Nil und Atbara ist der Norden mit seinem geringen Niederschlag ausgeschieden.

Auf diese Weise ergeben sich für die Abflußgebiete neue, viel kleinere Werte als Lyons angibt[28]. In Tabelle II ist die Größe aller der Abflußgebiete angegeben, deren planimetrische Ausmessung zwecks Bestimmung der Abflußhöhen sich als notwendig herausstellte.

---

27. G. J. 1907 Bd. 30, Western sources of the Nile, S. 524—530. Die der Arbeit beigegebene Karte ist zur Umgrenzung des Abflußgebietes und zur Einzeichnung der Flüsse benutzt.

28. Lyons, l. c. S. 7.

Um den mittleren Niederschlag festzustellen, ist der Flächeninhalt der von den einzelnen Isohyeten begrenzten Flächen planimetrisch bestimmt. Als Regenhöhe dieser Gebiete ist das Mittel der angrenzenden Isohyeten gewählt; um aber bei den Flächen über 1750 mm nicht zu hohe Werte zu erhalten, sind 1875 mm als Wert zwischen 1750 und 2000 Millimetern angenommen. Auf diese Weise ist der gesamte Niederschlag in cbkm und daraus wieder die mittlere Niederschlagshöhe in mm berechnet worden. Die näheren Resultate liefert Tabelle II.

Tabelle II.

Abflußgebiet des	Flächeninhalt qkm	Niederschlag in cbkm	Mittlere Niederschlagsh.
Viktoriasee	253 300	313,8	1240 mm
Albertsee (ohne Viktoriasee)	147 800	174,7	1180
Bahr el Gebel (vom Albertsee bis Gondokoro)	56 500	78,8	1390 ?
Bahrel Gebel (von Gondokoro bis Sobatmündung) und Bahr el Ghasal	493 000	437,7	890
Sobat	172 000	171,0	1000 ?
Blauer Nil	237 800	309,6	1300 ?
Atbara	98 000	118,3	1210 ?
Bahr el Gebel (ganz)	951 000	1005,0	1060
Abessin. (Bl. N., Atb. u. Sobat)	507 800	598,9	1180 ?
Gesamter Nil	1 458 800	1603,9	1100

III. Kapitel.

Der Abfluß.

Wie in der Einleitung erwähnt, hat das „Survey Department" von Aegypten an zahlreichen Stationen im Sudan und im äquatorialen Afrika Messungen des Pegelstandes am Nil und seinen Nebenflüssen vornehmen lassen. Im Jahre 1908 bestanden 3 Stationen am Viktoriasee, 1 am Albertsee, 6 am Bahr el Gebel, 2 am Bahr el Ghasal, 3 am Sobat, 9 am Weißen Nil, 8 am Blauen Nil, 1 am Atbara, 8 am Nil bis Assuan[1].

Um aus diesen Beobachtungen Werte für die Wasserführung ableiten zu können, sind an zahlreichen Pegelstationen die Wasserführungen bei verschiedenem Pegelstand gemessen und hieraus, wenn es irgend anging, Konsumptionstabellen entworfen.

Auf diese Weise kann die jährliche Wasserführung für sämtliche wichtigen Flüsse des Nilsystems berechnet werden; dies ist bisher noch nicht geschehen. Ein erster Versuch findet sich bei Willcocks[2]. Doch beginnen zahlreiche Stationen erst im Jahre 1904 ihre Beobachtungen; überdies begnügt sich Willcocks damit, die sekundliche Wasserführung festzustellen, und gibt keine Werte für die Jahressumme. Für den Blauen Nil bei Khartum und für den Nil bei Wadi Halfa sind öfter Berechnungen veranstaltet worden; aber sie beziehen sich fast nur auf die Zeit der Nilschwelle von

---

1. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1908 S. 11.
2. Willcocks, The Nile in 1904, Anhang.

Juli bis Oktober[3]. Nur für den Nil bei Wadi Halfa und Assuan existieren bisher Daten der jährlichen Wasserführung[4].

Die erste Bestimmung der Abflußmenge ist für den Viktorianil beim Austritt aus dem Viktoriasee, d. h. für das Abflußgebiet dieses Sees gemacht worden.

In Jinja am Ausfluß wird seit August 1901 der Pegel abgelesen. August 1901 bis Dezember 1904 bei Lyons[5] veröffentlicht. Für 1905 bis 1908 sind nur die Kurven[6] veröffentlicht. Hieraus ist der mittlere monatliche Pegelstand berechnet, indem zunächst der Flächeninhalt F zwischen der Pegelkurve und der Grundlinie g (der Linie des 0, 1, 2 . . . m. Pegelstandes) planimetrisch bestimmt und dann die Länge der Grundlinie für jeden Monat gemessen ist. F : g ergibt die gewünschte mittlere Pegelhöhe. Für Januar 1899 bis Juli 1901 ist der Pegel von Lubas benutzt[5], der gleichwertig ist mit Jinja[7]. Bei Garstin und Lyons[8] eine Konsumptionstabelle, nur auf eine Messung der Wasserführung gestützt. Da der Seespiegel und nicht ein Fluß mit variabler Geschwindigkeit den Pegelstand bestimmt und am Ausfluß Versandungen des felsigen Flußbettes nicht anzunehmen sind, besteht Gewähr auf annähernde Richtigkeit.

In Tabelle III ist für die einzelnen Monate die mittlere Wasserführung pro Sekunde, für das ganze Jahr die Summe des Abflusses in Kubikkilometern angegeben worden. Die Mittel sind nur für 1902—1908 berechnet, um so für die verschiedenen Flußsysteme dieselbe Reihe zu erhalten. (Die genauen Zahlenwerte sind hier aus Gründen der Anschaulichkeit beibehalten.)

---

3. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1908, S. 55.

4. E. M. Dowson, Measurement of the volumes discharged by the Nile during 1905 and 1906. Cairo 1909. — Willcocks, Perrennial irrigation and flood protection for Egypt. Cairo 1894 und 1899. — J. Barois, Les irrigations en Egypte. Paris 1904.

5. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 47.

6. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904—1908, Anhang.

7. Lubas liegt 16 km von Jinja am See. Am 1. August 1901 ist der Pegel von Lubas nach Jinja übertragen (Lyons, The rains . . . 1908 S. 60).

8. Garstin, A Report on the basin of the Upper Nile, Appd. IV. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 59.

Tabelle III. Abfluß des Viktoriasees, 1899 bis 1908, cbm. p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluss in cbkm
1899	594	590	588	587	598	597	589	565	547	536	533	533	18,0
1900	538	528	536	541	544	544	544	544	536	521	512	523	16,9
1901	533	534	547	567	592	586	570	557	538	544	531	539	17,5
1902	536	538	535	542	554	550	543	541	538	533	535	534	17,0
1903	540	570	573	580	605	621	631	620	603	612	622	622	18,9
1904	616	615	619	635	645	645	631	621	618	608	608	616	19,7
1905	620	620	618	634	640	634	618	607	600	594	595	609	19,4
1906	617	618	638	677	680	669	659	650	644	637	634	628	20,4
1907	625	628	611	613	645	634	627	618	611	596	600	601	19,5
1908	595	573	569	568	559	551	554	568	568	578	575	571	18,0
1902—1908	593	595	595	607	618	615	609	604	597	594	596	597	19,0

Am auffälligsten an den Abflußverhältnissen ist die geringe Schwankung, der die Wasserführung unterworfen ist. Das absolute Minimum im November 1900 ist von dem absoluten Maximum im Mai 1906 nur um 168 cbm p. s. unterschieden. Doch bleibt der Unterschied, den ein Monat gegen den nächsten aufweist, meist unter 10 cbm. Es findet also nur eine ganz allmähliche Abnahme oder Zunahme der Wasserführung von einem Monat und von einem Jahr zum andern statt. Dies findet auch in den Jahressummen seinen Ausdruck. Sie weichen überhaupt nur wenig von dem Mittel von 19 cbkm ab, und die ganze Reihe von 1899—1908 zeigt keinen schroffen Wechsel zwischen einem wasserarmen und wasserreichen Jahr. Allmählich steigt die Wasserführung von dem Minimum im Jahre 1900 zum Maximum von 1906 an; beide Jahre enthalten entsprechend das absolute monatliche Minimum und Maximum.

In den Mittelwerten für 1902—1908 tritt die monatliche Schwankung ganz zurück. Sie beträgt im Maximum zwischen Januar und Mai nur noch 25 cbm p. s. Um diese Verhältnisse leichter mit denen der anderen Flüsse vergleichen zu können, ist in Tafel III die jährliche Wasserführung nach den Monats-

mitteln durch Kurven zum Ausdruck gebracht[9]. Die des Viktoriasees läßt eine Schwankung überhaupt kaum hervortreten.

Wenn man diese beispiellose Konstanz des Abflusses verstehen will, muß man sich vergegenwärtigen, welch ungeheures Reservoir der Viktoriasee darstellt. Während in Gebieten ohne große Seen jedes Ansteigen der Flüsse sich bald ebenso im Unterlauf bemerkbar macht, kann ein Anschwellen der Zuflüsse des Viktoriasees in erster Linie nur dem See selbst zugute kommen. Mögen die Zuflüsse noch so stark und noch so plötzlich anschwellen, sie werden kaum imstande sein, den Seespiegel merklich zu heben und die Wasserführung am Ausfluß zu verstärken. Eine viel bedeutendere Rolle hierfür spielen Verdunstung und Niederschlag über dem See, worauf später genauer eingegangen werden soll. Hier sei nur hingewiesen auf das Verhältnis der Niederschlags- und Abflußmaxima. Das Frühjahrsmaximum (Tafel I und III sind zu vergleichen) tritt immer beim Abfluß hervor, während die Regenzeit des Herbstes, weil sie nicht so ausgeprägt ist wie die erste, sich oft im Stande des Sees überhaupt nicht bemerkbar macht, wie z. B. in den Jahren 1899, 1900, 1906.

Nachdem die Wasser des Viktorianil die Sümpfe des Chogasees durchmessen haben, wobei sie sicherlich eine Verminderung ihres Wasserreichtums erfahren, werden sie von den aus den Bergländern des Nordens kommenden Bächen wieder verstärkt, und es tritt eine stärkere Schwankung im Haushalt des Flusses ein, wie sie Lyons in einem Diagramm[10] für die Wasserführung unterhalb der Murchison-

9. Dasselbe versucht Lyons in The rains of the Nile basin . . . 1907, S. 39.

10. Aus einer Messung ist von Garstin für Fajao eine Konsumptionstabelle bestimmt. Garstin, l. c. Appdx. IV. S. 38, 43. Worauf Lyons sein Diagramm in The rains of the Nile basin . . . 1907 S. 39 stützt, ist unbekannt.

fälle zum Ausdruck bringt. Danach tritt ein Minimum im März und April, ein Maximum im September und Oktober ein.

Die zweite Bestimmung der Wasserführung ist für Wadelai vorgenommen worden. Dieser Ort liegt 64 km unterhalb des Albertsees. Auf dieser Strecke empfängt der Bahr el Gebel nur ganz unbedeutende Zuflüsse; denn das Abflußgebiet ist hier nur ganz schmal. Auch scheint der Niederschlag nicht sehr hoch zu sein. Darum wird der Fehler nicht groß sein, wenn wir durch die Wasserführung von Wadelai den Abfluß des Albertsees festzustellen suchen. Wie belanglos der Unterschied ist, zeigt die fast völlige Uebereinstimmung der Pegelkurven von Wadelai und Butiaba am Albertsee[11].

Der Pegel von 1902—1904 bei Lyons[12] veröffentlicht, 1905—1907 aus den Kurven[13] planimetrisch gewonnen (wie für Jinja, S. 53). Januar bis März 1905 ist der Pegel versandet, ähnlich November 1907. Für Dezember 1907 bis Januar 1908 keine Ablesung; durch Vergleich mit Butiaba sind diese Lücken ergänzt. Von Februar 1908 ab Ablesungen bei Koba am Ausfluß des Albertsees. Dessen Pegel[14] zeigt etwa 5 cm höher als Wadelai; die nötige Korrektion ist durchgeführt. Aus einer Messung des Abflusses ist von Garstin[15] eine Konsumptionstabelle entworfen. Da Versandungen vorkommen, ist die Tabelle nur mit Vorsicht zu gebrauchen. Die sekundliche Wasserführung für 1902—1904 schon bei Lyons[16] berechnet. Die weiteren Berechnungen sind nach den genauen Werten gemacht, angegeben sind nur die abgerundeten.

Der monatliche Abfluß zeigt noch eine ziemliche Gleichmäßigkeit; Schwankungen von über 30 cbm p. s. gehören schon zu den Seltenheiten. Das absolute Maximum im November und Dezember 1904 ist von dem Minimum im

---

11. Veröffentlicht im Anhang zu The rains of the Nile basin . . . 1904 ff.
12. Lyons, The Physiography of the river Nile . . . S. 74.
13. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904 ff., Anhang.
14. Ebenda 1908, Anhang.
15. Garstin, l. c. Appdx. IV. S. 38, 39, 43.
16. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 74.

Tabelle IV. Abfluß des Albertsees, Wadelai, 1902—1908, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres-Abfluß in cbkm
1902	620	580	570	550	570	550	560	580	610	630	690	720	19,0
1903	690	670	650	640	660	700	740	780	830	900	950	980	24,1
1904	970	950	920	930	930	930	930	970	950	970	1000	1000	30,2
1905	950	820	740	740	740	740	740	730	750	770	770	830	24,4
1906	800	770	750	740	750	740	750	760	810	820	840	830	24,6
1907	810	780	760	740	760	760	750	760	800	760	760	750	24,1
1908	660	600	590	560	560	550	550	550	570	560	560	610	18,2
1902—1908	790	740	710	700	710	710	720	730	760	770	800	820	23,5

August 1908 um 450 cbm verschieden. Den regulären Verlauf des Abflusses zeigen am besten die Monatsmittel für 1902 bis 1908. Das Minimum liegt im April, von da an findet ein allmähliches Steigen bis zum Dezember und dann wieder ein Sinken bis zum April statt. Es ist dies ein bedeutender Unterschied von dem Regime des Viktoriasees. Während dieser See sein Maximum im Frühjahr hat und dann andauernd fällt, ist es beim Albertsee direkt umgekehrt. Dies findet seine Erklärung in der Verteilung des Niederschlags. Im Gebiet des Viktoriasees ist das Frühjahrsmaximum, in dem des Albertsees das Herbstmaximum das bei weitem bedeutendere; sie bewirken das Ansteigen der Seen; die sekundären Maxima kommen für den Abfluß gar nicht in Betracht. Sie sind von einem Sinken der Seespiegel begleitet. Das heißt, ohne die Reservoirs der beiden Seen würde der Abfluß stark periodisch sein. Zur Zeit des sinkenden Seespiegels, wo die Wasserführung von dem Vorrat der Seen schöpft, würde ohne diesen Speicher der Abfluß auf ein kaum in Betracht kommendes Ausmaß zusammenschrumpfen.

Wie die Schwankungen von Monat zu Monat, so halten sich auch die von Jahr zu Jahr in mäßigen Grenzen, doch sind sie schon größer als beim Viktoriasee. Während bei diesem die größte Abweichung vom Jahresmittel nur 11 % beträgt, steigt sie beim Albertsee schon auf 29 % an.

In diesen Zahlen sowohl wie in dem Unterschied der Schwankung der Monatsmittel (Viktoriasee = 25 cbm p. s., Albertsee = 120 cbm p. s.) kommt der Größenunterschied zum Ausdruck. Bei dem Albertsee müssen die Schwankungen viel größer sein, weil das den Ausgleich bewirkende Seenareal viel kleiner ist. Eine gleiche Wasserzufuhr wird bei dem kleineren See ein viel stärkeres Ansteigen zur Folge haben als bei dem großen, also auch den Ausfluß größeren Schwankungen unterwerfen als bei diesem. Das heißt also: Ein See wirkt ausgleichend auf die Wasserführung der Flüsse, und zwar steht die Größe der Schwankung im umgekehrten Verhältnis zur Größe der Seen.

Beim mittleren jährlichen Abfluß der beiden Seen, Viktoriasee = 19,0 cbkm, Albertsee = 23,5 cbkm, fällt die geringe Zunahme des Abflusses auf. Wollte man hieraus schließen, daß der Abfluß aus dem Gebiet des Albertsees nach Abzug des Viktoriasees nur 4,5 cbkm betrüge, so würde dies eine ganz falsche Vorstellung erwecken; denn dies könnte nur stimmen unter der Voraussetzung, daß das gesamte Wasser, welches den Viktoriasee verläßt, auch dem Albertsee entströmt. In der Tat ist aber dies Wasser in den Sümpfen des Chogasees und im Albertsee einer starken Abnahme durch Verdunstung ausgesetzt, so daß nur ein geringer Prozentsatz davon in den Bahr el Gebel gelangt. Die Bedeutung, die das Wasser des Viktoriasees für den Abfluß des Albertsees hat, ähnelt eher dem Niederschlag, der sich flächenhaft über das ganze Abflußgebiet des Albertsees ausbreitet, nur daß die Fläche, die das Wasser des Viktorianil im Choga- und Albertsee bedeckt, viel kleiner ist und darum die Verdunstung nicht so stark an dem Wasservorrat zehren kann wie am Niederschlag.

Am Bahr el Gebel befindet sich ein weiterer Pegel bei Gondokoro. Dieser Ort liegt dicht bei dem alten Lado Emin Paschas an der Stelle, wo die festen Flußufer aufhören und die alljährlichen Ueberschwemmungen beginnen. Es

ist hier also die letzte Möglichkeit, die Wasserführung des Bahr el Gebel festzustellen.

Pegelablesungen von 1900—1902 nicht verwertbar; der Pegel öfter zerstört, das Verhältnis zu den späteren Ablesungen unbekannt. Januar bis November 1903 bei Willcocks[17] veröffentlicht. Dezember 1903 bis Dezember 1908 planimetrisch (siehe S. 53) bestimmt[18]. 1907 fehlt, Ablesungen unkorrekt[19]. Für Dezember 1903 erwähnt Lyons[20] einen Sprung in den Ablesungen um 86 cm, für 1903 und 1904 hat er die nötige Korrektion vorgenommen. Die Kurve von 1905 ist aber bei Lyons[21] um etwa 86 cm zu niedrig eingezeichnet, wie man aus einem Vergleich mit 1904 und 1906 ersieht. Die Werte für 1905 sind darum um 86 cm erhöht.

Die Pegelkurven für Gondokoro sind sehr zackig. Darum ist hier die Möglichkeit von Fehlern durch Planimetrieren am größten. Ein Vergleich der planimetrischen Werte von 1903 mit den Mittelwerten bei Willcocks[22] zeigt einen mittleren Fehler von 2 $\pm$ cm. Da die Kurve für 1903 im Maßstab 1:100 gezeichnet ist (sonst gewöhnlich 1:50), ist die Genauigkeit befriedigend.

Aus 4 Messungen ist von J. Craig eine Konsumptionstabelle[23] entworfen. Da Veränderungen des Querschnitts durch Akkumulation und Erosion vorkommen, können die Resultate nicht als absolut zuverlässig gelten.

Für das Jahr 1902 ist der bei Garstin[24] angeführte Wert des Jahresabflusses angegeben.

Die Tabelle zeigt deutlich den Unterschied gegen die Abflüsse aus den beiden Seen. Die Schwankungen von Monat zu Monat sind viel größer; am größten sind sie vom Juli

---

17. Willcocks, The Nile in 1904 S. 169—171.

18. 1903 aus Lyons, The Physiography of the river Nile, Plate X, 1904—1908 aus Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904 ff.

19. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1907 S. 44.

20. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 112.

21. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1905. Plate IV.

22. Willcocks, The Nile in 1904 S. 169—171.

23. Garstin, A Report on the basin of the Upper Nile. Appd. IV. S. 39, 40 und 44.

24. Ebenda S. 40. Hier ist der Jahresabfluß des Viktoriasees, Wadelai und Gondokoro 1902—1904 angegeben. Nur kleine Abweichungen von den hier gewonnenen Resultaten. Nähere Angaben fehlen.

Tabelle V. Abfluß des Bahr el Gebel, Gondokoro, 1902—1908, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluß in cbkm
1902													32,3
1903	790	750	700	710	970	1180	1330	1650	2010	1840	1690	1440	39,7
1904	1480	1420	1410	1440	1460	1450	1670	2060	1770	1630	1680	1480	49,9
1905	1300	1200	1120	1140	1380	1320	1370	1490	1740	1620	1810	1660	45,1
1906	1300	1280	1270	1320	1370	1510	1630	1730	1960	1740	1750	1640	48,6
1907													
1908	1170	1100	1040	1020	1110	1100	1200	1530	1450	1330	1730	1190	39,4
1902—1908	1210	1150	1110	1130	1260	1310	1440	1690	1780	1630	1730	1480	42,5

bis Dezember, wo sie oft 300 cbm überschreiten. In den anderen Monaten ist der Verlauf viel gleichmäßiger (siehe auch Anhang, Tafel III, Kurve des Abflusses für Gondokoro); denn in dieser Zeit ist der Abfluß aus dem Albertsee das Maßgebende, und der weitere Zufluß bis Gondokoro nur gering. Der Unterschied zwischen dem stärksten und geringsten monatlichen Abfluß beträgt 1360 cbm (März 1903 und August 1904), und auch die größte Schwankung der Monatsmittel ist mit 680 cbm bedeutend höher als bei den Seen. Ebenso findet das alljährliche Steigen und Fallen des Flusses nicht so regelmäßig wie dort statt. Der tiefste Stand wird im März und April erreicht, der höchste kann von August bis November stattfinden. Selbst bei der mittleren Wasserführung verschwinden diese Unterschiede noch nicht. Die Niederschlagsverhältnisse in den Bergländern, die für das Anschwellen des Flusses bestimmend sind, sind noch nicht erforscht. Doch dürften sie denen von Wadelai und Nimule (Tafel I, Kurve 5 und 6) ähneln.

Um nun die Abflußverhältnisse für das kleine Gebiet vom Albertsee bis Gondokoro zu bestimmen, braucht man von den Werten von Gondokoro nur die von Wadelai abzuziehen. Dies ist in diesem Falle statthaft; denn ein namhafter Wasserverlust zwischen beiden Stationen ist nicht anzunehmen.

Tabelle VI. Abfluß des Bahr el Gebel von Wadelai bis Gondokoro, 1902—08, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Jahresabfluß in cbkm
1902—08	420	410	400	430	550	600	19,0
	Juli	Aug.	Sept.	Oktob.	Nov.	Dez.	
	720	960	1020	860	940	665	

Hiermit erhalten wir eine mittlere Wasserführung von 19,0 cbkm, ein Minimum von 13,3 cbkm im Jahre 1902, ein Maximum von 24 cbkm im Jahre 1906. Die größte Abweichung vom Mittelwert beträgt 32 %. Um sich die Bedeutung dieser Zahlen zu vergegenwärtigen, braucht man sie nur mit denen für den Viktoriasee zu vergleichen, wo der mittlere Abfluß ebenfalls 19,0 cbkm beträgt, während das Abflußgebiet fast fünfmal so groß ist.

Bedenken kann vielleicht der Abfluß für Januar bis April erregen; denn die entsprechenden Niederschlagskurven (Tafel I, Kurve 5—7) zeigen in dieser Zeit fast Regenlosigkeit. Man muß hier mit der Möglichkeit rechnen, daß der Abfluß etwas zu hoch bestimmt ist; denn die Werte für Wadelai und Gondokoro sind schon an und für sich ungenau. Ebenso wäre aber möglich, daß ein Grundwasserstrom vom Albertsee an den Bahr el Gebel begleitet, der beim Durchbruch durch das Gebirge von Nimule an natürlich zu Tage treten müßte.

Bei Gondokoro hat der Bahr el Gebel seine maximale Wasserführung erreicht. Bald darauf durchfließt er völlig ebenes Land und seine Ufer liegen fast gar nicht über dem gewöhnlichen Wasserstand erhaben. Die Folge davon ist, daß der Fluß bei jeder kleinen Anschwellung aus seinen Ufern tritt. Das Wasser füllt dann die Altwässer und Sümpfe, die in nach Norden immer wachsender Ausdehnung den Fluß begleiten. Nur ein kleiner Teil des Wassers findet seinen Weg in das Strombett zurück, das meiste stagniert in den Sümpfen und fällt der Verdunstung zum Opfer. Ein Teil findet in dem Nebenarm, dem Bahr el Zeraf, einen

Abfluß. Je höher die Flut ist, desto größer ist der Verlust. Garstin[25] stellt fest, daß bei einem starken Hochwasser 740 km unterhalb Lados 85 % der Wasserführung von Lado verloren gegangen sind, bei niedrigem Hochwasser (in 629 Kilometer Entfernung) 69 %, und im Sommer bei Niedrigwasser (in 740 km Entfernung) nur 59 %.

Der unterste Teil des Bahr el Gebel um den See No herum stellt zur Zeit des Hochwassers ein weites Ueberschwemmungsgebiet dar, in das von links der Bahr el Ghasal einmündet, dessen Wasserführung ganz unbedeutend zu sein scheint[26]. Doch dürfen die bei Lyons angeführten Werte von 20—30 cbm p. s. des Mündungsarmes nicht zu einer Berechnung der gesamten Wasserführung des Bahr el Ghasal-Beckens verwandt werden; denn bei Hochwasser tritt der Fluß in seinem Unterlauf von Meschra el Rek an weithin aus seinen Ufern, so daß eine Berechnung der tatsächlichen Wasserführung unmöglich ist[27]. Ein Teil des Wassers scheint auch in einem Nebenarm, dem Chor Lolle, einen Abfluß zu finden.

Fast alles Wasser, das aus dem Becken des Bahr el Ghasal und vom Bahr el Gebel herabgebracht wird, verliert sich in diesen Sümpfen. Nur ein ganz kleiner Teil, durchschnittlich 4,2 cbkm jährlich, findet seinen Abfluß zum Weißen Nil. Dies soll im folgenden näher erörtert werden.

Zwei Stationen liegen dicht nebeneinander, die eine, Doleib Hilla, am Sobat kurz vor der Mündung in den

---

25. Garstin, l. c. S. 157.

26. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 131.

27. Auf diesen Punkt hat bis jetzt noch niemand Rücksicht genommen; auch ist es nirgends positiv ausgesprochen; doch muß aus sämtlichen Beschreibungen entnommen werden, daß dies stillschweigend vorausgesetzt wird.

Weißen Nil, die andere am Weißen Nil nur wenig unterhalb. Indem wir auf diese Weise die Wasserführung des Weißen Nil und des Sobat feststellen können, bietet sich die beste Möglichkeit, hieraus den gesamten Abfluß des Bahr el Gebel, des Bahr el Zeraf und Bahr el Ghasal, also des gesamten Nil mit Ausnahme der drei abessinischen Ströme, zu berechnen.

Beide Stationen beobachten seit 1904. Januar bis Juni 1904 bei Willcocks[28], der Rest planimetrisch bestimmt[29] (siehe S. 53). Konsumptionstabellen bei Willcocks[30], gibt aber keine Rechenschaft über die Entstehung; daher kann die Genauigkeit nicht verbürgt werden. Augenscheinlich auf 2 Messungen[31] am Bahr el Gebel, 3 am Sobat, 3 am Weißen Nil gestützt.

Tabelle VII. Abfluß des Sobat, Doleib Hilla, 1904—1908, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluß in cbkm
1904	770	240	160	150	190	350	550	740	870	940	970	830	17,9
1905	300	170	130	100	100	180	350	490	700	790	820	810	13,0
1906	550	270	280	220	240	410	700	880	1090	1150	1200	1140	21,5
1907	510	290	250	240	220	380	640	870	990	1040	1050	760	19,0
1908	380	260	170	140	160	300	620	860	1040	1160	1220	1230	20,0
1904—1908	500	250	200	170	180	330	570	770	940	1020	1050	950	18,3

Im Sobat haben wir zum ersten Mal einen abessinischen Strom vor uns. Wie wir später sehen werden, zeigt er nur in abgeschwächtem Maße die Eigentümlichkeiten der Ströme, die dem Regenfall in Abessinien ihre Entstehung verdanken. Dies rührt von dem großen Ueberschwemmungsgebiet her, das den Gebirgslauf seiner Zuflüsse von dem Unterlauf, dem eigentlichen Sobat, trennt. Wie schon im ersten Kapitel

28. Willcocks, l. c. S. 176, 177.

29. Nach H. G. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904 ff., Anhang.

30. Willcocks, l. c. S. 143, 144.

31. Ebenda S. 134.

erwähnt, geht es diesem Flusse ähnlich wie dem Bahr el Gebel und Bahr el Ghasal ungefähr in gleicher Breite. Auch er breitet sich, nachdem er seinen Gebirgslauf hinter sich hat, bei Hochwasser in dem ebenen Lande flächenhaft aus. Die natürliche Folge wird erstens eine Verminderung der gesamten Wasserführung infolge von Verdunstung sein, zweitens eine Abschwächung der Periodizität des Flusses ähnlich wie bei einem Seebecken und drittens eine Verspätung im Eintritt des Maximums, indem die Hochwasser zunächst einmal das halb ausgetrocknete Sumpfgebiet überschwemmen und erst, wenn dies in ausgedehntem Maße stattgefunden hat, eine verstärkte Wasserabgabe des Sumpflandes an den Unterlauf hervorrufen.

All dies zeigt die Tabelle der Wasserführung bei Doleib Hilla. Die Schwankungen von Monat zu Monat halten sich in mäßigen Grenzen und sind kleiner, als man vielleicht nach dem Regenfall bei Adis Ababa und Doleib Hilla (Tafel I, Kurve 10 und 11) annehmen könnte. Ein Vergleich mit der Abflußkurve (Tafel III) zeigt die Abschwächung und Ausgleichung der Periodizität des Niederschlags und hauptsächlich die Verspätung im Eintritt des Abflußmaximums. Der Niederschlag ist im August am stärksten; es dauert aber bis zum November, bis dies Maximum durch das Zwischenglied des Sumpfgebietes sich dem Unterlauf mitteilen kann. Während man also im August und September die kräftigste und vom November bis Mai eine ziemlich belanglose Wasserführung erwarten sollte, bewirken die Ueberschwemmungen, daß dies Maximum erst im November eintritt und bis zum Januar ein außergewöhnlich starker Abfluß anhält.

Im Monatsmittel zeigt der April den tiefsten Stand mit 170 cbm p. s., eine viel geringere Wasserführung als wir sie bisher kennen gelernt haben, und wie sie auch eine

Eigentümlichkeit des Blauen Nil und des Atbara ist; das Maximum aber ist mit 1050 cbm. nicht sehr hoch, wird durch das bei Gondokoro mit 1810 cbm schon überflügelt und durch das des Blauen Nil und Atbara völlig in den Schatten gestellt.

Tabelle VIII. Abfluß des Weißen Nil, Taufikia, 1904—1908, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres-Abfluß in cbkm
1904	1250	660	550	530	590	780	960	1110	1240	1330	1360	1240	30,6
1905	750	550	430	330	340	460	610	740	830	890	930	890	20,4
1906	620	430	440	360	390	550	690	780	910	980	990	960	21,3
1907	610	440	420	410	390	520	660	800	870	920	920	760	20,3
1908	510	400	310	290	330	440	650	790	900	990	1010	1000	20,1
1904—1008	750	500	430	380	410	550	710	840	950	1020	1040	970	22,5

Die Tabelle des Weißen Nil für Taufikias ist ein Seitenstück zu der des Sobat. Am deutlichsten zeigt sich der Einfluß des Sobat auf den Weißen Nil aus einem Vergleich der Abflußkurven (Tafel III). Liefert er vom Februar bis Juni nur etwa die Hälfte des Wassers, so ist er im Rest des Jahres fast einzig und allein am Abfluß beteiligt.

Um diese Verhältnisse zu verstehen, muß man sich den Gegensatz vergegenwärtigen, der zwischen den beiden Komponenten des Weißen Nil, dem Sobat und dem Sumpfgebiet des Bahr el Gebel, besteht.

Das Sumpfgebiet hat ähnliche Abflußbedingungen wie ein See. Der Abfluß wäre unter normalen Bedingungen nur geringen Schwankungen unterworfen und würde etwa 200 cbm p. s. betragen. Das Ansteigen des Wasserspiegels bei verstärkter Zufuhr ist gering. Anders beim Sobat; im Frühjahr ist der Wasserstand niedrig und erfährt bei tiefstem Stand sogar eine gewisse Stauung durch den Bahr el Gebel; sobald aber das Anschwellen einsetzt, steigt der Spiegel des Sobat allmählich und erreicht durchschnittlich $2^1/_2$ m über dem

Tiefstand. Die natürliche Folge davon ist, daß das Wasser aus dem Sumpfgebiet in seinem Abfluß gehindert und aufgestaut wird. Manchmal scheint sogar eine Wasserabgabe des Sobat an das Sumpfgebiet stattzufinden. Die Bedeutung des Sobat in dieser Beziehung hat zuerst Lyons[32] erkannt; doch geht er dabei entschieden zu weit, wenn er dessen stauenden Einfluß bis Meschra el Rek verfolgen will. Auf das Ansteigen des Bahr el Ghasal dürften dessen Zuflüsse doch wohl den entscheidenden Einfluß haben. Die Pegelkurve für Wau am Flusse Djur[33] zeigt vom Tiefstand im Frühjahr bis zum Höchststand von September bis November einen Unterschied von 4 m. Wenn im Unterlauf bei Meschra el Rek das Maximum erst später eintritt, so braucht man hierfür nicht den Sobat heranzuziehen, sondern es liegt die Annahme viel näher, daß diese Verspätung durch das Sumpfland im Unterlauf des Bahr el Ghasal hervorgerufen wird, wie wir ja ähnliches soeben beim Sobat selbst gesehen haben.

In der folgenden Tabelle ist der mittlere monatliche Abfluß des Sobat dem des Bahr el Gebel oberhalb der Sobatmündung gegenübergestellt. Die letzteren Zahlen ergeben sich aus der Differenz der Werte für Taufikia und Doleib Hilla.

Tabelle IX. Wasserführung des Sobat und Bahr el Gebel bei ihrer Vereinigung, 1904—1908, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluß in cbkm
Sobat	500	250	200	170	180	330	570	770	940	1020	1050	950	18,3
Bahr el Gebel	250	250	230	220	220	220	140	80	10	4	—10	20	4,2

32. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 144, Supplement to Chapter III, 2. Seite.

33. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1908, Anhang, Plate IV.

Von März bis Juni, solange der Wasserstand des Sobat tief ist, kann ein ungehinderter Abfluß aus dem Sumpfgebiet stattfinden. Sobald der Sobat steigt, verringert sich die Wasserführung des Bahr el Gebel. Vom September bis Dezember wird sie fast gleich Null, und im November findet gewöhnlich eine, wenn auch nur geringe Wasserabgabe des Sobat an das Sumpfgebiet statt. Ein Vergleich des Abflusses vom September bis Dezember in den einzelnen Jahren (nach Tabelle VII und VIII) zeigt, daß eine solche Abgabe stattfindet, wenn der Sobat sehr hohen Wasserstand hat, bei niedrigem Stande aber kein Zurückfließen vom Sobat in das Sumpfgebiet, sondern ein Abfluß aus demselben vor sich geht. Im Januar und Februar fällt der Sobat, und das oberhalb seiner Mündung aufgestaute Wasser findet Gelegenheit zum Abfluß. Im Januar und Februar hat daher der Bahr el Gebel sein Maximum.

Aus dieser Wechselwirkung der beiden Flußsysteme ergibt sich die Wasserführung des Weißen Nil. Sie entspricht natürlich der des Sobat am meisten. Was über den Abfluß dieses Stromes gesagt ist, gilt also auch für den Weißen Nil. Ein merklicher Unterschied besteht nur beim Tiefstande des Flusses, vom Januar bis Juni. Während dieser Monate findet ein Abfluß aus dem Sumpfgebiet statt; daher ist das Minimum des Weißen Nil mit 380 cbm lange nicht so scharf ausgeprägt wie beim Sobat. Das Maximum des Weißen Nil aber ist das des Sobat.

Im Weißen Nil bei Taufikia haben wir eine Vorstellung gewonnen von dem einen der Hauptzuflüsse des Nil. Drei Punkte sind es, die besondere Beachtung verdienen. Erstlich der geringe Betrag des jährlichen Abflusses, 22,5 cbkm durchschnittlich, gegenüber 42,5 cbkm des Bahr el Gebel bei Gondokoro; zweitens die minimale Beteiligung des ganzen außerabessinischen Nil am Abfluß[34], nur 4,2 cbkm;

34. Die Zahlenwerte, die für den Anteil der einzelnen Flüsse

schließlich ist von Wichtigkeit, wenn auch bisher allgemein überschätzt[35], die jahreszeitliche Verteilung des Abflusses. Vom Dezember bis Mai ist die Wasserzufuhr vom Blauen Nil und Atbara minimal; da ist es denn von Bedeutung, daß im November und Dezember der Sobat dem Hauptfluß noch eine beträchtliche Wassermenge zuführt und dann im Januar und Februar, wenn der Sobat fällt, das im Sumpfgebiet des Bahr el Gebel aufgestaute Wasser dem Nil zu gute kommt. Dies läßt erkennen, wie die Ueberschwemmungsgebiete beim Sobat sowohl wie beim Bahr el Gebel trotz des fast vernichtenden Einflusses auf die Wasserführung doch auch von heilsamer Bedeutung für das Regime des Nil sind.

Nach dem Zusammenfluß des Sobat und Bahr el Gebel erhält der Weiße Nil keinen irgendwie nennenswerten Zufluß mehr. Nahe dem Sumpfgebiet ist der Niederschlag zwar noch so stark, daß gelegentlich ein Abfluß stattfinden mag, aber dies wird durch die starke Verdunstung im trockenen Norden völlig aufgewogen.

Beim Zusammenfluß des Blauen mit dem Weißen Nil zeigt sich dieselbe Erscheinung wie beim Zusammenfluß des Sobat und des Bahr el Gebel, eine Aufstauung des schwächeren Stromes. Der Weiße Nil besitzt ein ganz schwaches Gefälle[36], im letzten Drittel seines Laufes ist es auf 1 : 100 000 gesunken, also fast belanglos. Die Schwankungen des Wasserstandes überschreiten unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht 2 m. Beim Blauen Nil dagegen betragen sie durchschnittlich $5^1/_2$ m[37]. Die notwendige Folge hiervon

---

angegeben sind, mögen wohl später noch durch genauere ersetzt werden. Eine wesentliche Verschiebung, z. B. zugunsten des Bahr el Gebel, steht aber kaum zu erwarten.

35. Hierüber später S. 82, 83.

36. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 167.

37. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1908, Anhang, Plate VI, Kurve I.

ist eine starke Stauung des Weißen Nil, sowie der Blaue anschwillt. Dies ist deutlich an den Pegelkurven[38] des Weißen Nil bei Dueim, 135 km oberhalb Khartum, und sogar noch weiter bis Goz Abu Goma hinauf zu verfolgen.

Unwiderleglich festgestellt ist die Tatsache durch Messungen der Wasserführung bei Dueim von Mai 1902 bis Januar 1904. Es sind im ganzen 34 Messungen gemacht, von denen 23 auf das Jahr 1902 entfallen[39]. Es ist zu bedauern, daß dies Material nicht zu weiteren Berechnungen verwertet werden kann; denn es stellt sich als ein Ding der Unmöglichkeit heraus, aus diesen Messungen eine Konsumptionskurve zu entwerfen. Zum Belege seien einige der Messungen mit dem dazugehörigen Pegelstand angeführt.

Tabelle X.

1903	Pegel	Wasserführung
19. Mai	0,38 m	447 cbm. p. s.
14. Juli	1,71	835
28. August	4,19	710
12. September	4,46	653
3. November	3,11	1 563
24. November	2,44	1 665
22. Dezember	1,80	1 403

Die gesamten Messungen können also nur die Wasserführung eines vollen Jahres, 1903, vergegenwärtigen, wie im folgenden angegeben:

Tabelle XI. Abfluß des Weißen Nil, Dueim, 1903, cbm. p. s.

Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluß in cbkm
1 023	555	505	470	478	657	825	649	812	1 485	1 600	1 473	27,75

Da diese Reihe ein wasserreiches Jahr vertritt, läßt sie sich am besten mit 1904 bei Taufikia vergleichen (Tab. VIII).

38. Ebenda 1904—1908, Anhang.

39. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 174.

Vom Januar bis Juli stimmen die Werte gut miteinander überein; dann aber zeigt sich die Disharmonie. Während Taufikia ein allmähliches Ansteigen bis zum November hin aufweist, nimmt die Wasserführung bei Dueim im August und September zunächst ab, um dann vom Oktober bis zum Dezember dementsprechend stärker zuzunehmen, d. h. das während des Anschwellens des Blauen Nil aufgestaute Wasser findet erst nach dem Sinken dieses Stromes seinen Abfluß.

Die Dauer des Staus ist nicht immer dieselbe. 1903 ist sie nur kurz, weil der Weiße Nil wasserreich ist und verhältnismäßig schnell das „Staubecken" ausfüllen kann. In wasserarmen Jahren scheint die Stauung um 2—3 Monate länger zu dauern. So beträgt z. B. am 1. Dezember 1902 der Abfluß des Weißen Nil nur 930 cbm und steigt erst am 29. Dezember auf 1518 cbm an[40].

Bei Khartum entsteht aus der Verbindung des Weißen mit dem Blauen Nil der Strom, den wir als den Nil Aegyptens kennen.

Schon seit den ältesten Zeiten bewegt die Frage nach dem Ursprung des Nil die Menschheit. Während man im 19. Jahrhundert nur darnach trachtete, die Quellen des Flusses festzulegen und den Ruhm des Entdeckers der Nilquellen zu erlangen, ging man im Altertum von einem wissenschaftlich viel höheren Problem aus, nämlich die Ursache des Steigens des Flusses zu entdecken, die dem denkenden Volke der Griechen viel zu schaffen machte. J. Partsch hat den Nachweis geliefert[41], daß des Aristoteles Buch „Ueber das Steigen des Nil" für echt anzusehen ist. Darnach hat Alexander der Große, um das Rätsel des Nil,

40. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 174.

41. J. Partsch, Des Aristoteles Buch über das Steigen des Nil. XXVII. Band der Abhandlungen der phil.-hist. Klasse der k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, Nr. XVI. Leipzig 1909. S. 551—600.

dessen Hochwasser in Aegypten mit der Zeit der größten Trockenheit zusammenfällt, zu lösen, eine Expedition ausgesandt. Diese hat die Bedeutung des Blauen Nil für das Hochwasser wohl erkannt, und gibt den starken Niederschlag in Abessinien als Ursache des Steigens an. Diese Kenntnis ging dem Mittelalter verloren und wurde auch im 19. Jahrhundert nicht wieder erworben. Nur das Interesse am Ursprung des Nil überlieferte sich der Neuzeit; doch hatte man vergessen, warum gerade dies Problem dem Altertum so wichtig erschien, und veräußerlichte die Frage zu dem „Caput Nili quaerere", wie es in Spekes „the Nile is settled" seinen Höhepunkt fand.

Noch 1903 hält Henze[42] den Weißen Nil auch seiner Wasserführung nach für den bedeutenderen. Schon 1904 veröffentlicht Garstin[43] seinen grundlegenden Bericht über die hydrographischen Verhältnisse des oberen Nil, woraus hervorgeht, wie gering die Rolle des Weißen Nil für die Nilflut ist, etwa $^1/_{20}$ des Volumens des Blauen Nil[44]. Aber eine Zusammenstellung der gesamten jährlichen Wasserführung beider Flüsse ist noch nicht vorgenommen worden. Und doch liegt gerade für den Blauen Nil gutes Material vor.

Pegelablesungen bei Khartum schon in den 70er Jahren, doch nur für Mai bis Oktober. Von 1901 an das ganze Jahr abgelesen. Januar 1901 bis August 1904 bei Willcocks[45]. Der Rest wieder planimetrisch bestimmt[46] (siehe S. 53).

Von Mai 1902 bis Januar 1904 sind 75 Messungen der Wasserführung gemacht[47]. Konsumptionskurven bei Lyons[48], nicht genau.

---

42. Herrmann Henze, Der Nil, seine Hydrographie und wirtschaftliche Bedeutung. Angewandte Geographie . . . Halle a. S. 1903. S. 48.
43. Garstin, A Report on the basin of the Upper Nile. Cairo 1904.
44. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 13.
45. Willcocks, l. c. S. 184—187.
46. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904 ff., Anhang.
47. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 228—230.
48. Ebenda Plate XXV.

Auch eine weitere bei Willcocks[49] nicht genau, wie im folgenden gezeigt wird: Mai bis Dezember 1902 ergibt direkt aus den Messungen des Abflusses 47,86 cbkm, bei Willcocks 3,33 cbkm mehr, Januar bis Dezember 1903 aus den Messungen 74,18 cbkm, bei Willcocks 4,04 cbkm zu wenig (d. h., wenn man nach der Konsumptionstabelle von W. rechnen würde). Die Fehler sind zwar erklärlich; denn der Blaue Nil hat bei Khartum keinen konstanten Querschnitt[50]. Akkumulation bei Niedrigwasser, Erosion bei Hochwasser. Da bei starkem Hochwasser kräftigere Erosion als bei schwachem, wird der Pegel etwas zu wenig steigen, also die daraus berechneten Wasserführungen zu klein; bei schwacher Flut auch die Erosion nicht so stark, der Pegel zeigt zu hohe Werte, die Abflußberechnungen zu groß. Eine Konsumptionstabelle kann natürlich nur die mittleren Verhältnisse berücksichtigen. Da 1902 bedeutend trockener ist als 1904, sind die Fehler erklärlich; doch noch ziemlich hoch. Darum ist eine neue Kurve entworfen (Anhang, Tafel IV). Die Wasserführungen folgen zwei Kurven, die eine dem steigenden, die andere dem fallenden Pegel entsprechend. Demgemäß hat die Konsumptionstabelle (Tabelle XII) für denselben Pegelstand zwei Ablesungen. Eine Schwierigkeit ergibt sich, ob man einen Monat mit steigendem und fallendem Pegel aus der ersten oder zweiten Reihe berechnen soll. Die Berechnungen sind nach dem Grundsatz gemacht, wenn etwa die Hälfte des Pegelstandes zu den steigenden, die Hälfte zu den fallenden gehört oder wenn der Pegel meist stationär ist, die Wasserführung aus dem Mittel der beiden fraglichen Werte zu berechnen. Nach dieser neuen Konsumptionstabelle vermindert sich der Fehler, der aus der Berechnung nach der Tabelle von Willcocks entsteht, von 3,33 auf 1,80 cbkm und von 4,04 auf 2,30 cbkm.

Also ist die Wasserführung des Blauen Nil (Tabelle XIII) nach der Konsumptionstabelle (Tabelle XII) berechnet.

Die aus der Konsumptionstabelle (Tabelle XII) sich ergebenden Fehler sind oben erörtert. Die wasserreichen Jahre erhalten etwas zu niedrige, die wasserarmen zu hohe Werte; hierdurch wird der Schwankungskoeffizient bedeutend herabgedrückt. Bei dem Mittelwert, der wieder

---

49. Willcocks, l. c.
50. Lyons, l. c. Plate XXVII.

Tabelle XII. Konsumptionstabelle des Blauen Nil, Khartum.

Steigender Pegel			Fallender Pegel		
Pegelstand m	Wasserführung cbm.	Interpolat. für 1 cm Steigen	Pegelstand m	Wasserführung cbm.	Interpolat. für 1 cm Steigen
9.8	125		9,8	125	
9,9	150		9,9	150	
10,0	175	4,0	10,0	175	0,5
10,5	375	5,5	10,5	200	1,5
11,0	650	7,0	11,0	275	2,5
11,5	1000	8,0	11,5	400	7,0
12,0	1400	10,0	12,0	750	8,0
12,5	1900	12,0	12,5	1150	10,5
13,0	2500	15,0	13,0	1675	11,5
13,5	3250	18,5	13,5	2250	13,0
14,0	4175	21,5	14,0	2900	20.0
14,5	5250	27,0	14,5	3900	22,0
15,0	6600	32,0	15,0	5000	25,0
15,5	8200	36,0	15,5	6250	35,0
16,0	10000	39,0	16,0	8000	60,0
16,5	11950		16,5	11000	

nur für 1902—1908 berechnet ist, werden sich naturgemäß die negativen und positiven Fehler einigermaßen aufheben.

Tabelle XIII. Abfluß des blauen Nil, Khartum, 1901—1908, cbm. p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluss in cbkm
1901	310	220	190	180	190	920	2980	8670	7170	2230	980	440	65,5
1902	240	190	180	170	200	600	1700	5250	6540	2860	1120	550	51,7
1903	290	200	180	140	170	980	2180	8140	8060	4430	1690	760	71,9
1904	460	330	200	190	260	660	2920	6970	5630	2380	1130	580	47,4
1905	330	220	190	150	140	460	1450	5470	6660	2230	1050	670	50,1
1906	360	230	220	200	190	540	2210	8010	9550	3820	830	1530	73,0
1907	410	240	200	200	190	530	1830	4820	5630	2060	960	470	46,3
1908	270	200	180	150	170	360	1780	9710	10980	5350	1970	1110	85,2
1902—1908	340	230	190	170	190	590	2010	6910	7580	3300	1350	710	62,2

Diese Tabelle gewährt einen klaren Einblick in die Abflußverhältnisse Abessiniens, die sich beim Sobat nur ahnen

ließen. Die Schwankungen des Abflusses von Monat zu Monat sind kolossal und lassen die entsprechenden Werte bei den früheren Stationen ganz in den Schatten treten. Dies hängt mit der Verteilung des Niederschlages und mit dem Umstande zusammen, daß kein See, kein Sumpfgebiet als natürlicher Regulator die Periodizität mindert (der Tanasee liegt außerhalb des Gebietes stärksten Niederschlags; der den See verlassende Abai ist noch ziemlich unbedeutend). Die Abhängigkeit des Abflusses vom Niederschlag tritt am besten hervor aus einem Vergleich der Niederschlagskurven von Gondar und Roseires (Tafel I, Kurve 12 und 13) mit dem mittleren monatlichen Abfluß des Blauen Nil (Tab. XIII und Tafel III). Zu Anfang des Jahres herrscht absolute Regenlosigkeit, und es fließen nur noch die letzten Reste des vom vergangenen Jahr her aufgespeicherten Wassers ab. Der Abfluß sinkt daher bis zum April bis auf ganz geringe Werte, 170 cbm p. s., wie sie ähnlich niedrig nur noch beim Sobat vorkommen (wenn von den unnatürlichen Verhältnissen des Bahr el Gebel oberhalb des Sobat abgesehen wird). Im April setzen ganz geringe Regenfälle ein, die bald an Stärke zunehmen; so steigt denn auch der Abfluß bis zum Juni allmählich an. Von Juli bis September fällt dann äußerst heftiger Regen über Abessinien mit einem Maximum im August. Diese Regen sind es, die das Anschwellen des Blauen Nil und somit die Nilflut Aegyptens hervorrufen. Im Juli schon überschreitet die sekundliche Wasserführung den höchsten beim Bahr el Gebel überhaupt vorkommenden Wert (Gondokoro, September = 1810 cbm), um diesen dann im August und September um das Vierfache zu übertreffen. Das Maximum des Abflusses liegt bezeichnenderweise im September gegenüber dem Regenmaximum im August; hierbei spielt die Oberflächengestaltung Abessiniens, dessen wellige Plateaus nicht einen so plötzlichen Abfluß gestatten, wie z. B. die Berge von Lattuka für Gondokoro, die entscheidende Rolle. Im Oktober sind die

Regenfälle schon wieder sehr schwach, und mit Dezember beginnt die Zeit der absoluten Trockenheit; doch hält sich der Abfluß während dieser Monate dank der Aufspeicherung in den abessinischen Hochländern noch so hoch, um für den Nil bedeutungsvoll zu sein, und erst vom Januar ab wird er vom Weißen Nil in den Schatten gestellt. Eine Austrocknung des Flußbettes findet nicht statt; doch kommt es vor, daß für einige Tage des tiefsten Standes die Geschwindigkeit des Flusses gleich Null wird, also Abflußlosigkeit eintritt[51].

Die Periodizität des Abflusses läßt sich am leichtesten durch folgende Betrachtung veranschaulichen: Am Abfluß sind beteiligt die 5 Monate Januar bis Mai mit zusammen 5 %, die 7 Monate Juni bis Dezember mit 95 %, die vier Monate Juli bis Oktober mit 84 %, die 2 Monate August und September mit 61 %.

Die Bedeutung des Blauen Nil für den Wasserhaushalt des gesamten Stromes zeigt am deutlichsten die mittlere jährliche Wasserführung von 62,2 cbkm. Das heißt, der Weiße Nil bei Taufikia wird vom Blauen fast um das Dreifache übertroffen. Und wenn wir den Verlust des Weißen Nil auf dem Wege bis Khartum mit in Betracht ziehen, so dürfte das Verhältnis 1:3 völlig hergestellt sein.

Mit der Feststellung dieser Werte wird die bisherige Anschauung, daß der Weiße Nil der Hauptfluß sei, unhaltbar; an ihm liegt nicht das „caput Nili“ in hydrographischer Beziehung.

Mit der Ablegung der bisherigen Anschauungen sogleich zum gegenteiligen Extrem überzugehen und den Blauen Nil als Hauptfluß zu proklamieren, wäre etwas übereilt. Ueber die Frage, welche Eigenschaften einen Fluß als Hauptfluß charakterisieren, ist fast ebensoviel geschrieben wie verschiedene Anschauungen herrschen. Mag man sich

---

51. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 228—230.

klar werden, daß das, was bei einem Fluß entscheidend erscheint, für einen zweiten nur nebensächlich sein kann, weil andere Momente hier mehr in das Gewicht fallen, und mag man deshalb von einer Entscheidung nach einem bestimmten Schema überhaupt gänzlich absehen. Der längste Fluß wäre der Bahr el Gebel bis zum Kagera, die tiefste Basis würde der Weiße Nil und Semliki darstellen, die Flüsse des Bahr el Ghasal-Beckens sind morphologisch älter als die äquatorialen, dem Wasserreichtum nach wäre der Blaue Nil der Quellfluß des ganzen Nil und der Sobat der des Weißen Nil; und schließlich sehen einige den Viktoriasee oder Albertsee als Quellsee an.

Das typischste am Nil in Aegypten ist seine Wasserführung, das Hochwasser im Spätsommer und der Niedrigstand im Frühjahr und Sommer. Diese Charakteristika vereinigen aber weder der Blaue noch der Weiße Nil; diesem fehlt die starke Flut, jener würde im Frühjahr gar nicht allein das Meer erreichen. Erst die Vereinigung beider Flüsse schafft den Nil Aegyptens. Es erscheint demnach am richtigsten zu sagen, der Nil entsteht aus dem Zusammenfluß des Blauen und des Weißen Nil (und ebenso, der Weiße Nil aus der Vereinigung des Sobat und Bahr el Gebel).

Nördlich von Khartum durchfließt der Nil schon völlig wüstenhaftes Gelände, aus dem bei fast fehlendem Niederschlag kein positiver Abfluß mehr stattfindet. Doch gelingt es dem Atbara noch, die Wüste zu durchmessen, und er findet seinen Weg zum Nil. Auch für diesen letzten Zufluß läßt sich einigermaßen die Wasserführung bestimmen.

Seit 1903 von Juni bis Oktober Pegelablesungen bei Khasm el Girba am Mittellauf. Juni bis Oktober 1903 und Juni bis August 1904 bei Willcocks[52], Rest planimetrisch[53] (siehe S. 53). Messungen des Abflusses nur an der Mündung[54]. Durch Zurückdatierung dieser

52. Willcocks, l. c. S. 188, 189.
53. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904 ff., Anhang.
54. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 237.

Messungen auf Khasm el Girba eine Konsumptionstabelle für den Pegel von Khasm el Girba entworfen von Willcocks[55]. Diese Werte nicht zuverlässig; daher ist folgender Ausweg gewählt: Für 1903 ist an der Mündung nach den Messungen der Abfluß = 12,3 cbkm; nach der Konsumptionstabelle von Willcocks erhält man für dasselbe Jahr bei Khasm el Girba 13,8 cbkm, d. h. der wahre Wert an der Mündung ist gleich $^9/_{10}$ des aus der Tabelle berechneten. Unter der Annahme, daß dies Verhältnis auch in den übrigen Jahren besteht, sind die Werte für Khasm el Girba bestimmt und mit $^9/_{10}$ multipliziert.

Tabelle XIV. Abfluß des Atbara, 1903—1908, cbm p. s.

	Bei Khasm el Girba						An der Münd.
	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktob.	Jahr cbkm	Jahr cbkm
1903	200	600	2360	1690	540	13,8	12,3
1904	40	770	1160	530	90	7,0	6,2
1905	280	690	1660	1310	310	10,5	9,5
1906	50	740	2050	1440	620	11,8	10,6
1907	80	710	1760	1060	280	10,7	9,6
1908	270	840	2800	1790	490	16,3	14,7
1903—08	150	730	1960	1310	390	11,7	10,5

Die bedeutendste Tatsache ist, daß der Atbara nur zeitweise fließt; von November bis Juni findet kein oberflächlicher Abfluß zum Nil hin statt. (Das in Tabelle XIV für Juni angegebene Wasser ist zu schwach, um bis zum Nil zu gelangen.) Bei Khasm el Girba scheint fast das ganze Jahr hindurch Wasser zu fließen, aber nur im August und September erreichen beträchtliche Wassermassen den Nil (1903 im Juli 300 cbm, August 2250, September 1960, Oktober 140 cbm); aber diese genügen, um einen durchschnittlichen Abfluß von 10,5 cbkm hervorzubringen. Die Abflußverhältnisse bieten also ein ähnliches Bild wie beim Blauen Nil dar; nur ist das Abflußgebiet kleiner und der Niederschlag geringer; darum ist auch der Wasserhaushalt dementsprechend unbedeutender.

Der letzte abessinische Fluß, der Khor el Gasch oder

55. Willcocks, l. c.

Mareb, erreicht den Hauptfluß überhaupt nicht mehr. Früher soll gelegentlich ein Abfluß zum Atbara stattgefunden haben[56]; tatsächlich festgestellt ist es noch nicht.

Die oberste Station am Nil, an der für eine längere Reihe von Jahren Pegelbeobachtungen existieren, ist Wadi Halfa am zweiten Katarakt.

5tägige Mittelwerte des Pegels für 1890—1904 bei Lyons[57]. Für 1905—1908 der schon berechnete Abfluß von E. M. Dowson[58] benutzt. Aus 132 Messungen[58] der Wasserführung Konsumptionstabelle[59], auf 3,9 % genau[60], nach Dowson[61] auf 4,3 % genau.

E. M. Dowson hat für 1890—1908 dieselbe Berechnung gemacht[58]. Die Abweichungen von den in Tabelle XV aufgestellten Werten sind meist unbedeutend; nur im Juli, August und Oktober starke Differenzen. Dowson hat wie in dieser Arbeit den monatlichen Abfluß aus den 5tägigen Mittelwerten bestimmt, vergißt aber, daß bei den Monaten mit 31 Tagen das letzte ein 6tägiges Mittel ist. Er erhält so für die Monate mit 31 Tagen, wenn das 6tägige Mittel bedeutend höher ist als die übrigen Mittel, einen zu kleinen und im umgekehrten Fall einen zu hohen Wert. Dies macht sich selbst in den Mittelwerten noch bemerkbar. Dowson gibt den Juli um 50, den August um 70 cbm zu hoch, den Oktober um 70 cbm zu niedrig; doch sind die Differenzen in den einzelnen Jahren oft viel größer. Rein zufällig heben sich im Mittel von 1890—1908 die positiven und negativen Fehler bis auf 10 cbm auf. Doch darf man diesen Fehlern keine große praktische Bedeutung beimessen, da sie die wahrscheinliche Fehlergrenze von 4 % nicht überschreiten.

---

56. P. M. Ergänzungsband III Nr. 13, Die deutsche Expedition in Ostafrika S. 8.

57. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 282, 283.

58. E. M. Dowson, Measurement of the Volumes discharged by the Nile during 1905/06. Cairo 1909. S. 45—49, 55.

59. Lyons, A Report on the work of the Survey Department in 1907. Cairo 1908. S. 62.

60. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1906 S. 69—70.

61. E. M. Dowson, l. c.

Tabelle XV. Abfluß des Nil, Wadi Halfa, 1890—1908, cbm. p. s.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktob.	Nov.	Dez.	Jahresabfluß in cbkm.
1890	1480	970	710	550	490	650	2660	11340	12440	8590	4200	2690	123,45.
1891	2060	1340	870	720	700	1380	2400	8770	10950	7480	4620	2690	115,88
1892	1990	1350	900	670	580	660	2650	10230	14600	9900	4590	3110	135,15
1893	2670	2320	2100	1790	1060	910	2380	8960	10050	8090	4110	2670	124,16
1894	2150	1600	1110	920	900	1180	3300	11640	13780	10530	4990	3390	146,38
1895	2770	2410	2060	1670	1410	1360	3840	12500	11480	6400	4100	3230	140,33
1896	2540	2160	1600	1210	1089	1090	3240	9180	12380	7500	5240	4040	125,18
1897	2720	2210	1680	1190	1070	1300	2460	7990	10050	6250	3020	2220	110,88
1898	1810	1420	980	790	690	760	1800	10610	11760	8070	4190	2950	120,89
1899	2310	2040	1710	1220	940	960	2150	5980	6870	3670	1970	1330	81,84
1900	930	760	640	590	590	760	1830	9770	9390	5990	2600	1910	94,45
1901	1470	1080	840	680	710	800	2310	8760	10090	4750	2660	1880	94,98
1902	1300	970	800	720	690	800	1630	4650	7880	5630	2830	1980	77,71
1903	1490	1040	790	640	600	950	2160	7480	10780	7390	3820	2290	103,93
1904	1790	1490	1090	870	810	980	2250	7550	8130	5020	2620	1950	82,63
1905	1500	1080	840	680	600	630	1300	5370	8690	5120	2370	1890	79,15
1906	1410	1110	870	810	710	720	1690	8020	11180	6810	2610	2000	99,97
1907	1600	1220	910	840	840	820	1580	5070	7770	4310	2520	1770	77,02
1908	1360	1000	830	690	640	720	1600	9200	12070	8230	3500	2290	111,20
1890—1908	1860	1450	1120	910	800	920	2280	8580	10540	6830	3500	2440	107,64
1902—1908	1490	1130	870	750	700	800	1740	6760	9500	6070	2900	2030	90,23
Differenz.	370	320	250	160	100	120	540	1820	1040	760	600	410	17,41

Die Wasserführung bei Wadi Halfa zeigt die endgültige Gestaltung des Abflusses für den Nil, im wesentlichen das Produkt des abessinischen Abflußgebietes.

Da der Fluß von Khartum bis Wadi Halfa schon einen 1459 km langen Weg durch die Wüste zurückgelegt hat, ist eine Verminderung im Wasserhaushalt eingetreten. In der folgenden Tabelle ist versucht worden, dies ziffernmäßig festzustellen, indem von der Summe des Abflusses aus dem Blauen Nil, Weißen Nil und Atbara der Abfluß bei Wadi Halfa abgezogen ist. Die Differenz stellt den Verlust auf dem Wege durch die Wüste dar.

Tabelle XVI. Wasserverlust bis Wadi Halfa, cbkm.

	1903	1904	1905	1906	1907	1908	Mittel
Weißer Nil[62]	27,8	30,6	20,4	21,3	20,3	20,1	
Blauer Nil	71,9	56,9	50,1	73,0	46,3	85,2	
Atbara	12,3	6,3	9,5	10,6	9,6	14,7	
Zusammen	112,0	93,8	80,0	104,9	76,2	120,0	
Wadi Halfa	103,9	82,6	79,2	100,0	77,0	111,2	
Verlust bis W. H.	8,1	11,2	0,8	4,9	—0,8	8,8	5,5

Es zeigt sich bis auf 1907 regelmäßig ein Wasserverlust, und kann hierin eine Gewähr für eine angenäherte Richtigkeit der obigen Werte erblickt werden; doch darf man den Zahlen für den Wasserverlust in den einzelnen Jahren keinen zu hohen Wert beilegen; denn keine der drei Reihen für den Weißen Nil, den Blauen Nil und den Atbara kann auf große Genauigkeit Anspruch machen. Was man aus den Zahlen einzig folgern darf, ist, daß für 1903—1908 der mittlere Verlust $5^1/_2$ cbkm beträgt, und daß dieser Verlust stärker ist in wasserreichen Jahren, wo der Nil weiter aus seinen Ufern tritt und daher größere Verluste durch Verdunstung und Versickerung erleidet, als in Jahren mit niedrigem Wasserstand.

Lenken wir einen Blick auf den jährlichen Abfluß, (Tabelle XV) so tritt uns eine Tatsache sehr augenscheinlich entgegen. Von 1890 1898 haben wir 9 sehr wasserreiche,

62. Für 1903 ist der Abfluß bei Dueim benutzt.

von 1899—1907 dagegen 9 wasserarme Jahre, 1908 hält sich wieder etwas über dem Mittel. Der Kontrast ist ein äußerst scharfer, wie Tabelle XVII zeigt.

Tabelle XVII. Mittler Abfluß bei Wadi Halfa, cbkm.

Jahre	1890—1898	1899—1908	1902—1908
Mittlerer Abfluß	126,92	90,29	90,23
Differenz vom Mittel 1890—1908	+ 19,28	— 17,35	— 17,41

Auf die Ursachen, die zu solchen Schwankungen führen können, soll hier nicht eingegangen werden. Lyons[63] führt eine eingehende Untersuchung hierüber, indem er sich auf 175 jährige Pegelbeobachtungen bei Kairo stützt. Er kommt zu dem schließlichen Resultat, daß regelmäßige Schwankungen zwischen hohem und niedrigem Abfluß nicht nachzuweisen sind. Nur eine Abhängigkeit der feuchten Jahre von besonders niedrigem Luftdruck läßt sich feststellen. Wir müssen uns damit begnügen zu konstatieren, daß die Jahre 1902—1908 um 19 % (negativ) von dem längeren Mittel abweichen.

Dies Defizit ist in erster Linie auf den Blauen Nil zurückzuführen; denn die Monatsmittel von Wadi Halfa (Tabelle XV) zeigen zur Zeit des Hochwassers eine bedeutende, beim Niedrigwasser nur eine geringe negative Abweichung der kurzen Mittelwerte (1902—08) von den 19 jährigen. Für eine längere Reihe von Jahren wird also die Bedeutung Abessiniens für den Nil noch größer werden, das Sumpfgebiet des Bahr el Gebel noch unbedeutender erscheinen; denn dessen Abfluß wird selbst bei stärkerem Niederschlag verhältnismäßig viel weniger zunehmen als der Abfluß aus Abessinien.

Der Anteil der verschiedenen Zuflüsse an der Wasserführung des Nil in den einzelnen Jahreszeiten läßt sich am einfachsten durch die Kurven des Abflusses (Anhang,

63. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 350—387.

Tafel III) veranschaulichen. Hieraus geht ganz deutlich hervor, daß der Blaue Nil der entscheidende Faktor für das Hochwasser und somit für die Stärke des Jahresabflusses ist, während der Weiße Nil das Niedrigwasser liefert. Doch ist die Bedeutung des Weißen Nil für den Haushalt des Hauptstromes immer noch bedeutend überschätzt worden, wie im folgenden gezeigt werden soll. Während der Monate Juli bis Oktober sind es der Blaue Nil und der Atbara fast allein, die den Nil mit Wasser versorgen. Erst wenn der Blaue Nil fällt, beginnt ein wirksamer Abfluß des Weißen Nil, der nun von Dezember bis Januar den Hauptzuschuß für den Nil liefert. Vom Februar bis Mai ist der Abfluß des Blauen Nil ganz gering und hält sich meist unter 200 cbm. Bei Wadi Halfa sinkt während dieser Zeit der Abfluß nicht unter 700 cbm. Die stärkere Wasserführung glaubte man nun bisher dem Weißen Nil zuschreiben zu müssen. Doch ist die entsprechende Wasserführung bei Taufikia viel zu niedrig, um diese Verstärkung hervorrufen zu können. Will man die Zahlenwerte vergleichen, so muß man berücksichtigen, daß das Wasser etwa 40 Tage braucht, um von Taufikia, und etwa 20, um von Khartum nach Wadi Halfa zu kommen[64]. Daher lassen sich die Monate bei Wadi Halfa immer nur mit den vorhergehenden bei Khartum und Taufikia vergleichen. In Tabelle XVIII ist dieser Vergleich für 1904—1908 durchgeführt. Es sind die Differenzen gebildet zwischen dem Abfluß von Wadi Halfa und der Summe des Abflusses von Khartum und Taufikia während der Monate Februar bis Juni.

Tabelle XVIII. Zunahme des Abflusses von Khartum bis Wadi Halfa, bei Niedrigwasser, cbm p. s.

	Febr.	März	April	Mai	Juni
Bl. N. u. W. N., 1904—08	1110	740	630	560	600
Wadi Halfa, 1904—08	1180	910	780	720	770
Zunahme	70	170	150	160	170

64. Willcocks, l. c. S. 121.

Die Resultate sind überraschend. In allen 5 Monaten zeigt sich eine Zunahme des Abflusses um durchschnittlich 140 cbm, während man im Gegenteil einen mindestens ebenso großen Verlust durch Verdunstung und Versickern annehmen sollte. Dies auf einen Fehler aus der Ungenauigkeit der Berechnungen zurückzuführen, erscheint als ausgeschlossen. Es bleibt daher nichts weiter übrig, als eine Speisung durch Grundwasser anzunehmen. Dies kann entweder durch einen Grundwasserstrom geschehen, der den Nil begleitet und durch das impermeable Gestein der Katarakte gezwungen wird zu Tage zu treten, oder der Wasserstand des Flusses sinkt so tief, daß das von der vorigen Flut gespeiste Grundwasser ein rückwärtiges Gefälle zum Flusse hin erhält. Es liegt nahe, beide Möglichkeiten zur Erklärung herbeizuziehen. Tatsächlich ist in der Gegend von Wadi Halfa ein Hervorquellen von Grundwasser beobachtet[65]. Auch bei Lyons[66] findet sich ein Versuch, den Betrag des Zurückfließens festzustellen. Er beschränkt sich allerdings darauf, eine 7 tägige Wasserführung bei Khartum mit der entsprechenden bei Sarras (nahe Wadi Halfa) zu vergleichen, was natürlich nicht genügen kann. Er erhält zwar eine tatsächliche Verminderung um 47 cbm, berechnet aber unter Berücksichtigung des auf dem langen Wege eintretenden Verlustes, daß ein Zurückfließen im Betrage von 140—200 cbm p. s. stattfindet. Festzuhalten ist, daß er hierbei feststellen kann, daß das Zurückfließen auf der oberen Strecke viel stärker ist als weiter unterhalb.

Die Stärke der Rückgabe von Grundwasser an den Fluß hängt von der Höhe der Flut des Vorjahres ab. Dieses Ausklingen des Hochwassers tritt so regelmäßig ein und ist von solchem Einfluß auf die Wasserführung zur Sommers-

---

65. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 255.
66. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1906, S. 57—65.

zeit, daß man ohne weiteres aus einer starken Flut des Blauen Nil für das nächste Jahr auf ein reichliches Niedrigwasser schließen kann. Dies zeigt die Tabelle XV für jedes wasserreiche Jahr mit beharrlicher Folgerichtigkeit an. Das höchste Niedrigwasser folgt 1895 auf die höchste Flut von 1894. 1899 hat noch ein feuchtes Vorjahr, zeigt daher auch ein höheres Niedrigwasser als 1900, kurz, ein jedes Jahr zeigt dies Verhältnis von neuem. Schon im Jahre 1864 hat Lombardini[67] auf dies eigenartige Verhalten des Nil bei niedrigem Wasserstand aufmerksam gemacht. Er berechnet[68], daß bei Niedrigwasser von Khartum bis Kairo dem Nil 400—450 cbm p. s. durch Quellen zufließen, deren Ergiebigkeit von der Höhe der vorjährigen Flut abhängig ist. Aehnlich haben Barois[69] und Maillet[70] auf den Einfluß des Hochwassers auf das folgende Niedrigwasser hingewiesen. Ersterer kommt zu seinem Resultate durch Vergleich der Pegelkurven, letzterer durch Anwendung einer allgemeinen mathematischen Formel[71] für die Abnahme der Wasserführung, die ihm zeigt, daß das Fallen des Blauen Nil und des Nil viel langsamer von statten geht als bei den ruhigsten Flüssen des Seinebeckens. In seinen Folgerungen geht er allerdings etwas zu weit, wenn er hierin in erster Linie einen Einfluß des Weißen Nil oder gar der äquatorialen Seen erblicken will.

Hiermit ist die letzte Bedeutung, die dem Sumpfgebiet des Bahr el Gebel zugesprochen wird[72], der entscheidende

---

67. Elie Lombardini, Essai sur l'hydrologie du Nil. Paris 1865. S. 55.

68. Lombardini, l. c. S. 56.

69. Julien Barois, Les irrigations en Egypte. Paris 1904. S. 27.

70. Edmond Maillet, Sur le régime et les crues du Nil. Association française pour l'avancement des sciences. 36. session, Reims 1907. — Paris 1908. S. 245.

71. Maillet, l. c. S. 243.

72. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 163.

Faktor für das Niedrigwasser im Sommer zu sein, fast ganz geschwunden. Nach dem Regime des Sumpfgebietes, wie es früher besprochen ist, muß es für ganz ausgeschlossen gelten, daß es jemals an einer derartig starken Wasserführung, wie sie uns vom März bis Juni 1893—97, 1899, 1904 und 1907 entgegentritt, bestimmend mitwirken kann. Der Bahr el Gebel erweist sich daher als ein für den Nil ziemlich belangloser Zufluß.

An dieser Stelle mögen denn auch die englischen Projekte für Flußkorrektionen am oberen Nil Erwähnung finden[73]. Ein Regulator am Viktoriasee ist absolut zwecklos; selbst wenn der Weg durch den Chogasee eingedämmt würde, würde das Wasser im Albertsee immer noch einer starken Verdunstung anheimfallen. Die Stauprojekte für den Albertsee beruhen wohl auf der irrigen Annahme, daß diesem See schon die starke Wasserführung entspringt, die tatsächlich doch erst später einsetzt (Wadelai 23,5 cbkm, Gondokoro 42,5 cbkm). Nur die Projekte, unterhalb Gondokoro am Bahr el Gebel Korrektionen vorzunehmen oder sein Wasser durch einen Kanal auf kürzestem Wege zum Weißen Nil zu leiten, können den gewünschten Erfolg haben, das Niedrigwasser vom Februar bis Juni am Weißen Nil und in Aegypten zu verstärken; dann erst würde der Bahr el Gebel die Bedeutung erlangen, die ihm jetzt fälschlich zugeschrieben wird.

Die letzte Station, an der die Wasserführung des gesamten Flusses unbeeinflußt durch kulturelle Anlagen sich messen läßt, ist Assuan.

Pegelablesungen von 1869 bis zur Gegenwart. Durch Errichtung des Staudamms erleiden die Werte von 1902—1908 eine kleine Verschiebung. Der Gesamtabfluß wird aber nur unbedeutend durch

---

73. Garstin, A Report on the basin of the Upper Nile S. 173. — Garstin, Some problems of the Upper Nile. The Nineteenth Century, Juli 1905. S. 351. — William Willcocks, The Aswan Dam and After. London 1901. — W. Willcocks, The Nile in 1904.

Verdunstung und Versickern im Staubecken leiden. Mittlerer Pegelstand für 1873—1902 und Januar 1901 bis August 1904 bei Willcocks[74], Rest planimetrisch bestimmt[75] (siehe S. 53). 87 Abflußmessungen vom 21. Mai 1892 bis 23. September 1892[76], hieraus Konsumptionstabelle bei Willcocks[77]. Die Mittelwerte für 1873—1902 sind aus dem mittleren Pegelstand, nicht der mittleren Wasserführung berechnet, darum dem Mittel von 1902—1908 nicht absolut gleichwertig.

Tabelle XIX. Abfluß des Nil, Assuan, 1901—1908, cbm p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresabfluss in cbkm
1901	1330	930	700	540	530	570	1640	6640	8480	4670	2510	1700	80,0
1902	1180	790	590	530	490	520	1120	3510	6470	4970	2360	1510	63,3
1903	1150	790	580	490	480	770	1490	5380	8600	6330	3560	1940	83,2
1904	1440	1180	820	590	590	560	1390	6060	6630	4330	2120	1470	71,7
1905	1200	840	600	480	500	540	920	3870	6920	4530	1910	1420	62,5
1906	1130	860	610	570	560	620	1190	5960	8750	5630	2670	1620	79,5
1907	1260	940	630	570	580	620	1140	3990	6140	3710	1960	1240	60,0
1908	1030	710	550	500	480	500	930	6120	9830	6980	3200	1770	86,0
1902—1908	1200	870	630	530	530	590	1170	4980	7620	5210	2540	1570	72,3
1873—1902	1720	1320	990	770	640	740	1980	7290	9020	6150	3330	2230	95,4

Die Wasserführung von Assuan ist eine Wiederholung der von Wadi Halfa, nur daß eine starke Verminderung stattgefunden hat. In Tabelle XX ist der jährliche Verlust von Wadi Halfa bis Assuan berechnet.

Tabelle XX. Verlust von Wadi Halfa bis Assuan, cbkm.

	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	Mittel
Wadi Halfa	95,0	77,7	103,9	82,6	79,2	100,0	77,0	111,2	
Assuan	80,0	63,3	83,2	71,7	62,5	79,5	60,0	86,0	
Verlust	15,0	14,4	20,7	10,9	16,7	20,5	17,0	25,2	17,5

Der Verlust ist ziemlich bedeutend, er ist in einem feuchten Jahr mehr als doppelt so groß wie in einem

74. Willcocks, The Nile in 1904 S. 194—201.
75. Lyons, The rains of the Nile basin . . . 1904 ff., Anhang.
76. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 286—288.
77. Willcocks, l. c. S. 150.

trockenen, wie wir ähnliches schon bei Wadi Halfa sahen. Betrug der Verlust bis Wadi Halfa nur $5^1/_2$ cbkm durchschnittlich, so ist er hier bis auf mehr als das Dreifache angewachsen, was an der zunehmenden Trockenheit des Klimas und an dem Umstande liegen mag, daß auf dieser Strecke zwar ebenfalls starke Versickerung, nicht aber eine Rückgabe des Wassers stattfindet; das Niedrigwasser ist bedeutend schwächer geworden. Es ist dies eine Bestätigung der Annahme von Lyons, daß das Zurückfließen des Grundwassers, das auf der Strecke von Khartum bis Kareima (bei Merove, vierter Katarakt) ziemlich stark ist und dann bis Wadi Halfa schwächer wird, von dort bis Assuan sich in sein Gegenteil verkehrt.

Ein Vergleich der mittleren Wasserführung von 1873 bis 1902 mit der von 1902—1908 zeigt wie bei Wadi Halfa, daß die letzten Jahre besonders trocken sind. Das erste Mittel ist um 23,1 cbkm höher als das zweite. Das Mittel von 1873—1908 würde eine mittlere jährliche Wasserführung von 91,8 cbkm ergeben, und von diesem würden die Jahre 1902—1908 immer noch um 19,5 cbkm abweichen.

Unterhalb von Assuan machen es zahlreiche Kanäle mit ihrem immer stärker werdenden Wasserverbrauch für landwirtschaftliche Zwecke unmöglich, den wahren Abfluß festzustellen. Es sind zwar Pegelbeobachtungen, aber keine Messungen der Wasserführung in Aegypten bis Kairo hin gemacht worden. Willcocks[78] hält es für angängig, die Konsumptionstabelle von Assuan für Assiut und Kairo zu benutzen; darnach hat der Nil bei Kairo 1902 eine Wasserführung von 82 cbkm (Assuan 63,3), 1903 von 98 cbkm (Assuan 83,2). Die Werte erscheinen also viel zu hoch für Kairo; auf weitere Berechnungen ist daher verzichtet worden. Doch mag immerhin darauf hingewiesen werden, daß viel

78. Willcocks, l. c. S. 150.

von einem Untergrundstrom in Aegypten gesprochen wird[79] und daß eine genaue Feststellung des Abflusses bei Kairo noch manches überraschende Resultat liefern kann.

Einen Gesamtüberblick aller der in diesem Kapitel bestimmten Abflußmengen bietet die Tafel V. In dieser Skizze der Zuflüsse des Nil ist jeder Fluß in der Breite eingezeichnet, die ihm nach seiner mittleren Wasserführung zukommt. Dabei ist das Fehlen einzelner Jahre für das volle Mittel von 1902—1908 vernachlässigt. Es fehlen: Gondokoro 1907, Sobat und Weißer Nil 1902—03, Atbara 1902.

Die Karte mag für sich selbst sprechen.

Zum Schluß dieses Kapitels sei ein Vergleich über die Schwankungen des Abflusses bei den einzelnen Flüssen angestellt. Zu diesem Zweck ist in Tabelle XXI die Abweichung vom mittleren Abfluß in Prozenten ausgedrückt.

Tabelle XXI. Schwankungen des Abflusses in Prozenten.

	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	Mittlere Schwank.
Viktoriasee	—11	0	+4	+2	+7	+3	—5	5%
Albertsee	—19	+3	+29	+4	+5	+3	—23	12%
Bahr el Gebel von Wadelai bis Gondekoro	—30	—19	+3	+8	+26		+11	16%
Sobat			—2	—29	+17	+4	+9	12%
Blauer Nil	—17	+16	—8	—19	+17	—26	+37	20%
Atbara		+17	—40	—10	+1	—9	+40	20%

Die beiden ersten Zeilen zeigen ziemlich große Aehnlichkeit untereinander in bezug auf die jährlichen Abweichungen, nur sind diese beim Viktoriasee nicht so groß, weil der Seespiegel sie abschwächt. Die Gebiete der beiden Seen des Südens sind also klimatisch abhängig voneinander, man darf aus einem starken Niederschlag in einem Gebiete auf ähnliche Verhältnisse im anderen schließen. Einen

79. A. Lucas, The chemistry of the river Nile. Cairo 1908. S. 36—41.

ebensolchen Zusammenhang lassen die drei abessinischen Ströme erkennen. Zwischen Abessinien und dem Aequatorialgürtel aber zeigt sich keine Verwandtschaft, es sind zwei klimatisch voneinander unabhängige Gebiete. In der Mitte zwischen beiden schwebt das Flußgebiet von Gondokoro.

Die mittlere Schwankung ist, wie vorauszusehen, beim Viktoriasee am geringsten; beim Sobat ist sie nicht größer als beim Albertsee wegen der ausgleichenden Tendenz des Sumpfgebietes im Oberlauf des Sobat; stärker ist sie schon beim Bahr el Gebel und am bedeutendsten beim Blauen Nil und Atbara, die der Wüste am nächsten liegen, wo bekanntlich die Schwankungen immer extremere Grade annehmen.

IV. Kapitel.

Die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß.

Mit dieser Arbeit wird eine Darlegung der Abflußverhältnisse in den Tropen, und was am wichtigsten ist, in den Grenzgebieten zwischen humiden und Trockengebieten geliefert. Der Mangel an genügenden Daten des Niederschlags läßt nur eine ganz summarische Betrachtung zu und läßt manchmal die wirklichen Verhältnisse mehr nur ahnen als tatsächlich festlegen.

In Tabelle XXII ist der Niederschlags- die Abflußhöhe der einzelnen Flußgebiete gegenübergestellt; die Differenz beider gibt die Verdunstungshöhe, der Abflußfaktor ist der prozentuelle Anteil des Abflusses am Niederschlag.

Mag die Genauigkeit der Zahlen manches zu wünschen übrig lassen, eins lehrt diese Tabelle ganz klar: An den Grenzen der Gebiete mit Abfluß und der Trockengebiete ist nicht der Niederschlag allein der maßgebende Faktor für die Abflußhöhe. Andere Faktoren, die bei hohem Niederschlag nicht ins Gewicht fallen und deshalb vernachlässigt werden können, machen sich hier sehr wohl bemerkbar.

Vergleicht man die Niederschlags- mit den Abflußhöhen, so sieht man zwar, daß im allgemeinen beide etwa gleichmäßig ansteigen, aber für die Niederschlagsintervalle von 900—1250 mm sind die Verhältnisse doch recht unregelmäßig, worin in erster Linie der Unterschied der Hochländer und Flachländer zum Ausdruck gelangt. Eine Kurve des Abflusses bei steigendem Niederschlag läßt sich daher nicht entwerfen. Für die Gebiete mit hohem Niederschlag

Tabelle XXII.

	Flächeninhalt qkm	Niederschlagshöhe mm	Abflußhöhe mm	Verdunst.-H. mm	Abflußfaktor %
Spiegel des Viktoriasees	68000	1180	—230	1410	0
Bahr el Gebel, von Gondokoro b. Sobat, u. Bahr el Ghasal	493000	890	—79	969	0
Bahr el Gebel	951000	1060	+4	1056	0,4
Weißer Nil, Taufikia	1123000	1050	20	1030	1,9
Albertsee, Wadelai	401100	1220	59	1161	4,8
Viktoriasee, Jinja	253300	1240	75	1165	6,0
Bahr el Gebel bis Gondokoro	457600	1240	93	1147	7,5
Sobat	172000	1000?	106	894?	10,6?
Atbara	98000	1210	107	1103	8,9
Blauer Nil	237800	1300	261	1039	20,1
Bahr el Gebel, Wadelai bis Gondokoro	56500	1390?	336	1054?	24,2?
Bl. Nil, W. Nil u. Atbara zusammen	1458800	1100	65	1035	5,9
Nil, Wadi Halfa	„	„	62	1038	5,6
Nil, Assuan	„	„	50	1050	4,5
Abessinien (Sobat, Bl. Nil, Atbara	507800	1180	179	1001	15,2

sind zwar die Verhältnisse ähnlich wie in Mittelamerika, wo A. Merz[1] für die Niederschlagsintervalle von 1500 bis 4000 mm eine Abflußkurve entworfen hat, die eine unter einem Winkel von 45° der Abszissenachse sich nähernde Gerade darstellt; bei geringem Niederschlag zersplittern sich aber die Abflußwerte, sie folgen nicht mehr einer Geraden oder irgend einer anderen Kurve, d. h. der Abfluß ist hier nicht vom Niederschlag allein bedingt.

Die niedrigen Zahlen für Abflußhöhe und Abflußfaktor (Tabelle XXII) für den Nil können im ersten Augenblick überraschen. Sie finden ihre Erklärung in der sehr hohen Verdunstungshöhe, die sich ziemlich konstant um 1100 mm

1. A. Merz, Beiträge zur Klimatologie und Hydrographie Mittelamerikas M. d. V. f. Erdkde., Leipzig 1906.

hält. Derselbe Wert ist auch von Merz festgestellt worden. Einige der von ihm gewonnenen Resultate seien zum Vergleich herangezogen (Tabelle XXIII).

Tabelle XXIII.

	Niederschlags-höhe mm	Abfluß-höhe mm	Verdunstgs.-höhe mm	Abfluß-faktor %
Spiegel des Managuasees	1200	—390	1575	0
Spiegel des Nicaraguasees	1597	+290	1309	18,2
Einzugsgeb. d. „	1816	706	1110	38,9
Flußgeb. oberh. Fort S. Carlos	1737	532	1177	30,6
„ „ Ochoa	2050	855	1172	41,7
„ des Rio S. Carlos	3892	2903	989	74,6

Die Zahlenwerte sind ganz andere; sie entstammen dem feuchten Tropengürtel. Abflußhöhe und Abflußfaktor steigen zu Höhen an, wie sie selbst in den gemäßigten Breiten kaum je vorkommen. Und doch sind die Resultate wieder ganz dieselben; sie stimmen innerlich mit denen der Tabelle XXII völlig überein, wenn man eben nur bedenkt, daß die Verdunstungshöhe gleichmäßig etwa 1100 mm beträgt (mit Ausnahme der Seenflächen). So können wir zu einem Verständnis der Abflußverhältnisse des Nil gelangen.

Ohne positive Abflußhöhe ist der Bahr el Gebel von Gondokoro bis zum Sobat und der Spiegel des Viktoriasees (über die Berechnung dieses Wertes Seite 96, 97). Bei diesem ist es die ungeheure, fortwährend der Verdunstung ausgesetzte Fläche, die trotz eines Niederschlags von 1180 mm eine noch um 230 mm stärkere Verdunstungshöhe zu Wege bringt. Die Verdunstungshöhe von 1410 Millimeter paßt sehr gut zu der des Managua- und Nicaraguasees (Tabelle XXIII). Beim Managuasee ist sie höher bei etwa gleichem Niederschlag, weil der See bedeutend kleiner ist und deshalb die Verdunstung stärker wirkt; denn bekanntlich nimmt die Verdunstungshöhe bei sonst gleichen Verhältnissen über einer größeren Seefläche wegen der steigenden relativen Feuchtigkeit ab. Beim Nicaraguasee

ist die Verdunstung geringer, weil der Niederschlag bedeutend höher ist.

Daß der Bahr el Gebel von Gondokoro an keine Abflußhöhe mehr besitzt, ist bei einer Niederschlagshöhe von 890 mm nicht verwunderlich; daß aber von dem Zufluß aus dem Süden noch 79 mm der Verdunstung anheimfallen, ist als Ausnahme anzusehen. Wie aus dem Kapitel über die Morphologie dieses Landes zu ersehen, erleidet der Bahr el Gebel die bedeutendsten Verluste nicht durch direkte Verdunstung des Wassers im Flusse, sondern dadurch, daß das meiste Flußwasser aus den Ufern tritt und dann, wenn es seinen Weg in das Strombett nicht zurückfindet, verdunstet. Ob unter normalen Verhältnissen ein nennenswerter Verlust eintreten würde, ist nicht endgültig zu entscheiden; eine positive Abflußhöhe wäre jedenfalls nicht zu erwarten. Neben der Niederschlagshöhe ist also hier die Morphologie des Landes für die Abflußhöhe maßgeblich.

Die Tatsache, daß das weite Gebiet des Bahr el Gebel unterhalb Gondokoro sich als Zehrgebiet charakterisiert, läßt erkennen, daß das Nährgebiet des Nil in zwei räumlich getrennte Gebiete zerfällt, in das südliche äquatoriale und das abessinische. Von diesem Standpunkt aus wäre das Abflußgebiet des Nil noch viel zu groß bemessen; unter Abzug des unteren Bahr el Gebel und Bahr el Ghasal würde es um etwa $^1/_3$ kleiner werden und nur noch 965 400 qkm betragen (Abflußgebiet von Gondokoro und Abessinien). Aber es besteht noch ein Unterschied zwischen einem abflußlosen und einem Zehrgebiet; denn es kann eine Landfläche in einer Jahreszeit zwar noch einen bemerkenswerten Abfluß zu Wege bringen, im Rest des Jahres aber so stark am Wasserhaushalt des das Gebiet durcheilenden Flusses zehren, daß der Jahresabfluß keinen Zuwachs, sondern eine Verringerung erfährt. Dies ist in dem fraglichen Gebiet der Fall; für den Bahr el Ghasal wenigstens läßt sich ein geringer, wenn auch nicht zuverläßlich meßbarer Abfluß fest-

stellen (siehe Seite 62), beim Bahr el Gebel ist dies natürlich nicht möglich. Wir haben es hier also zwar mit einem Zehrgebiet, nicht aber gleichzeitig mit einem abflußlosen zu tun.

Eine der wichtigsten und überraschendsten Zahlen der Tabelle XXII ist die Abflußhöhe des gesamten nicht abessinischen Nil, d. h. des Bahr el Gebel oberhalb des Sobat. Mit 4 mm Abflußhöhe gehört demnach der Nil ohne den abessinischen Zuwachs fast zu den abflußlosen Gebieten, und wenn man die Schwankungen im Abfluß berücksichtigt, so stellt es sich heraus, daß das äquatoriale Gebiet manches Jahr tatsächlich abflußlos ist. Würde dieser Fluß nicht die Unterstützung aus Abessinien empfangen, so würde er ein ähnliches Bild aufweisen wie der im Tschadsee endende Schari, nur daß bei diesem die Seenfläche, mag sie auch noch so großen Schwankungen unterworfen sein, eine bleibende Erscheinung ist. Dieser See und die damit verbundene größere Verdunstung beim Schari machen einen Abfluß desselben nach Norden zur Ausnahme, während er beim Sumpfgebiet des Bahr el Gebel die Regel ist.

Ziemlich niedrig sind noch die Abflußhöhen für den Süden, den Viktoriasee und Albertsee. Hierfür mag von Bedeutung sein, daß beide Gebiete den stärksten Niederschlag im oberen, den schwächsten im unteren Teil haben; der starke Abfluß ist auf dem langen Wege einer viel bedeutenderen Verdunstung ausgesetzt als z. B. beim Bahr el Gebel für Gondokoro, dessen stärkster Niederschlag im Unterlauf fällt. Entscheidend in derselben Richtung wird aber wieder die Oberflächengestaltung sein. Im Abflußgebiet des Viktoria- und Albertsees herrschen meist wellige, aber oft gestörte und deshalb hydrographisch unentwickelte Formen vor, die einem hohen Abfluß ebensowenig günstig sind wie die Seenflächen des Viktoria-, Albert- und Albert Edwardsees und die Sümpfe des Chogasees. Viel günstiger sind im Norden die Verhältnisse am Bahr el Gebel von Wadelai bis

Gondokoro, wo die hohen Berge einen raschen Abfluß gestatten.

Für die drei abessinischen Ströme und den Bahr el Gebel von Wadelai bis Gondokoro sind eigentlich nur die Zahlen für die Abflußhöhen zuverlässig. Die Niederschlagshöhen sind hier am unzuverlässigsten, weil sie sich nur auf ganz wenige Beobachtungen stützen. Z. B. fallen die Zahlen für den Sobat ganz aus dem Rahmen. Der Niederschlag und somit auch die Verdunstungshöhe sind wenigstens um 100 mm zu niedrig, der Abflußfaktor daher zu hoch berechnet. Beim Atbara ist die Abflußhöhe aus der Wasserführung an der Mündung berechnet, da kein Anhalt für den auf dem Wege durch die Wüste eintretenden Verlust vorhanden ist. Die Abflußhöhe ist daher etwas zu niedrig. Für den Blauen Nil kommt dies nicht so sehr in Betracht. Ob der mittlere Niederschlag für den Bahr el Gebel von Wadelai bis Gondokoro wirklich höher ist als für den Blauen Nil, kann nicht als sicherstehend gelten, scheint aber mit den Abflußhöhen in Einklang zu stehen.

Die wichtigste Zahl der Tabelle XXII ist die Abflußhöhe des Blauen Nil. Mit 261 mm besitzt dieser Strom einen höheren Abfluß als durchschnittlich die mitteleuropäischen Flüsse. Der Abfluß von ganz Abessinien, 179 mm, kommt ihnen etwa gleich. Die hohe Zahl für den Bahr el Gebel von Wadelai bis Gondokoro, 336 mm, ist doch etwas zu unsicher, um allzu großes Gewicht darauf zu legen.

Für die vier Flußgebiete mit einem Abfluß von über 100 mm kommen zwei Punkte gemeinsam in Betracht, die größere Periodizität der Niederschläge und das kühlere Klima in den hohen Bergländern. Der Regen fällt in wenigen Monaten und findet daher einen leichteren Abfluß, die Verdunstung ist bei den niedrigeren Temperaturen geringer als in den Tiefländern und kann nur wenig auf die schnell abfließenden Wassermassen einwirken.

Die 12. Reihe (Tabelle XXII) gibt die Abflußhöhe an,

die sich aus der Addition der Wasserführung des Blauen-, des Weißen Nil und des Atbara ergibt, Reihe 13 die aus der Wasserführung von Wadi Halfa berechnete. Der Verlust auf dieser Strecke, nur 3 mm der Abflußhöhe, ist sehr gering, was erst recht klar wird, wenn man zum Vergleich den Verlust im Unterlauf des Bahr el Gebel berechnet. Ueberträgt man dessen Wasserführung von 4,2 cbkm vor der Sobatmündung auf das Einzugsgebiet von Gondokoro, so ergibt sich hierfür eine Abflußhöhe von 9 mm, also ein Verlust gegenüber der ursprünglichen von 93 um 84 mm. Der Verlust beim Bahr el Gebel ist also 28mal so groß als beim Nil bis Wadi Halfa, trotzdem beim ersteren noch ein Niederschlag von 890 mm erfolgt und die relative Feuchtigkeit bedeutend höher ist als bei letzterem, wo ein Niederschlag kaum noch erfolgt. Selbst bis Assuan hin beträgt der gesamte Verlust der ursprünglichen Abflußhöhe nur 15 mm, erreicht also die Verlusthöhe des Bahr el Gebel bei weitem nicht.

In diesen Zahlen drückt sich am deutlichsten der Einfluß der Oberflächengestaltung auf die Abflußhöhe aus.

Ueber die Berechnung der Werte für den Spiegel des Viktoriasees kann erst jetzt Rechenschaft abgelegt werden, nachdem wir zu einem vollen Verständnis der Abflußbedingungen im Nilgebiet gelangt sind. Die Zahlen sind nicht unmittelbar gewonnen, sondern entstammen folgender Ueberlegung:

Die jährliche Verdunstung ergibt sich aus der Summe des Niederschlags (n) und des Zuflusses (z) vermindert um den mittleren jährlichen Abfluß (a), d. h. $v = n + z - a$. Nur z ist unbekannt. Dieser Zufluß wird sich praktisch nie feststellen lassen, man wird immer auf Schätzungen angewiesen sein. Der Abflußfaktor von 15 % scheint dem mittleren Niederschlag von 1260 mm am besten zu entsprechen; dies ergibt einen Abfluß von $z = 35$ cbkm. Der Niederschlag n auf dem See selbst beträgt 80,1 cbkm (1180 mm),

der jährliche Abfluß a = 19,0 cbkm. Setzt man diese Werte in die Formel ein, so erhält man v = 80,1 + 35 — 19,0 =96,1 cbkm oder als Verdunstungshöhe 1410 mm.

Von der gesamten Speisung des Viktoriasees, also (n + z), gelangen nur 17 % zum Abfluß, 83 % verdunsten.

Einen ähnlichen Versuch, diese Werte zu berechnen, hat Garstin[2] gemacht. Er nimmt für den See sowohl wie dessen Abflußgebiet schätzungsweise 1250 mm Niederschlag an, den Zufluß zum See bestimmt er durch einen Abflußfaktor von 25 %, was, wie wir aus Tabelle XXII entnehmen können, sicher zu hoch gegriffen ist. Bei seiner Behauptung, daß der Süden und Südosten wegen seiner dünneren Bewaldung einen noch höheren Abflußfaktor als 25 % haben müsse, übersieht er gänzlich, wie gering dort der Niederschlag ist, und daß demgemäß der Abflußfaktor nur wenige Prozent betragen kann. Er berechnet so die Gesamtspeisung des Sees, n + z, zu 138,75 cbkm, den Verlust durch Abfluß des Viktorianil zu 18,14 cbkm. Er stellt fest, daß somit nur 13 % des Wassers, das jährlich den See betritt, zum Abfluß gelangt (was ja nicht allzusehr abweicht von dem soeben berechneten Betrag von 17 %).

Nun wirft Garstin aber die Frage auf, was mag wohl mit dem Rest, den 87 %, geschehen?! In der folgenden Betrachtung führt er einen Wert ein, die Differenz zwischen höchstem und tiefstem Stand des Seespiegels, aus der sich die jährliche Gesamtspeisung des Sees ergeben soll nach Abzug des Verlustes durch Verdunstung und durch Abfluß des Niel. (Der Fehler ruht in dem Satz: „It is self evident that this rise, multiplied by the area of the lake surface, must represent the total cubic content of the water added to it, in one year, after the loss by evaporation, and the amount drawn off by the Nile have been deducted.") Er macht den Fehler, daß die Schwankungen des Sees von einem Jahr zum andern sich aufheben müssen, daß also sein Faktor gleich Null sein muß, wenn nicht eine stete Zunahme des Wasserhaushaltes stattfinden sollte. Er kommt zu dem Endresultate, daß 55 % des Wassers, das in einem Jahre den See speist, verdunstet. 13 % hat er als Abfluß festgestellt, er läßt also 32 % einfach in der Luft schweben. Die von ihm sodann berechnete Verdunstungshöhe des Sees zu 1113 mm ist natürlich ebenso falsch wie der Verdunstungsfaktor von 55 %.

Die in diesem Kapitel aufgestellten Werte für Abfluß- und Verdunstungshöhen liefern einen Schlüssel zum Ver-

2. Garstin, l. c. S. 30—31.

ständnis der Hydrographie von Afrika. Wenn man bedenkt, um ein wie geringes die meisten Gebiete von der Abflußlosigkeit entfernt sind, so kann man es sich erklären, wie es im tropischen Afrika so oft vorkommen kann, daß ein Forscher einen großen See entdeckt und sein Nachfolger nur einen kleinen Tümpel wiederfindet, und wie man bei manchen Seen so lange im Zweifel sein konnte, ob sie Endseen sind oder einen Abfluß besitzen. Ganz geringe Niederschlagsschwankungen, wie sie überall auf der Erde vorkommen, sind die Ursachen derartiger hydrographischer Wechsel. Die auch heutzutage manchmal noch lautwerdenden Nachrichten über eine dauernde Austrocknung des afrikanischen Kontinentes werden hoffentlich bald verstummen.

Sollte wirklich einmal eine dauernde Abnahme des Niederschlags um etwa 100 mm eintreten, was ja sehr wohl möglich ist, so wird dies beim Nil eine Zergliederung des ganzen Flußsystems zur Folge haben. Der Viktoriasee wird ein abflußloses Becken darstellen, die Sümpfe des Chogasees werden sich in Steppenland verwandeln, und der Bahr el Gebel wird auf einem Schuttkegel nördlich von Lado sein Ende finden wie heutzutage der Khor el Gasch bei Kassala. Nur den Flüssen aus Abessinien wird es dann noch möglich sein, bis nach Aegypten vorzudringen.

Zum Schluß sei auf eine Berechnung des Abflußfaktors für den ganzen Nil von Fritzsche[3] hingewiesen. Im folgenden sind seine Resultate den neu gewonnenen gegenübergestellt.

Tabelle XXIV.

		Abfluß-menge cbkm	Niederschlags-menge cbkm	Abfluß-faktor %
Bl. und W. Nil	nach Fritzsche	86,66	1934,71	4,48
	neue Werte	84,7	1485,6	5,7
Assuan	nach Fritzsche	106,92	2336,75	4,47
	neue Werte	72,3	1603,9	4,5
Kairo	nach Fritzsche	100		4,26

3. Richard Fritzsche, Niederschlag, Abfluß und Verdunstung

Fritzsche hat den Abfluß des Blauen und Weißen Nil nach den Messungen der Wasserführung von 1902 und 1903 berechnet[4]. Für Assuan war nur der Abfluß des Hochwassers bekannt; die Ergänzung gibt einen zu hohen Wert, dementsprechend die schätzungsweise für Kairo berechnete. Der Niederschlag für den Blauen und Weißen Nil ist zu hoch bestimmt, wahrscheinlich durch eine zu weite Ausdehnung des Einzugsgebietes. Dasselbe gilt für Assuan, nur ist hier infolge des gleichmäßig zu hoch bestimmten Abflusses und Niederschlages der Abflußfaktor richtig berechnet, während er für den Blauen und Weißen Nil zu hoch war. Ob der Atbara von Fritzsche überhaupt berücksichtigt ist, ist nicht zu erkennen.

---

auf den Landflächen der Erde. Dissert. Halle 1906. S. 27.

4. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 174, 228—230.

V. Kapitel.

Die Abtragung.

Hand in Hand mit den Messungen der Wasserführung sind von den englischen Ingenieuren zahlreiche Bestimmungen der im Wasser fortgeführten festen und gelösten Materialien vorgenommen[1]. Hierdurch sind wir in die Lage versetzt, uns einen Begriff zu machen von der Transportkraft der einzelnen Flüsse, wenn es sich auch dabei eigentlich mehr um die Verhältniszahlen handelt, als um das absolute Maß der gesamten von einem Strom transportierten Materialien. Die Unsicherheit der Werte beruht zunächst darauf, daß wir keine Angaben besitzen über die Quantität der am Boden des Flusses sich fortbewegenden Geröll- und Sandbänke. Mag man sich auch darüber hinweghelfen, indem man annimmt, daß bei den ruhig fließenden Tieflandströmen der Bodentransport nicht schwer ins Gewicht fällt und der gesamte Transport sich annähernd aus dem schwebenden und gelösten Material bestimmen läßt, so muß man doch annehmen, daß bei Flüssen mit starkem Gefälle hieraus ein nicht näher zu bestimmender Fehler erwächst. Bei den im folgenden aufgestellten Werten der Abtragung (Tabelle XXXI) muß man also in Erwägung ziehen, daß wenigstens für den Blauen Nil und den Atbara die Zahlen zu klein ausfallen. Die zweite Fehlerquelle entspringt (um von den aus verschiedenen Methoden der Messung hervorgehenden Unstimmigkeiten abzusehen) aus der ungleich-

1. Genaueres hierüber im folgenden.

mäßigen Verteilung der Sedimente in einem bestimmten Querschnitt des Flusses. Um dies zu veranschaulichen, sind in Tabelle XXV die bei Sarras in verschiedener Entfernung vom Flußufer entnommenen Proben[2] derart angeordnet, daß die in gleicher Entfernung vom Ufer entnommenen Proben untereinanderstehen.

Tabelle XXV. Schlammgehalt bei Sarras, g pr. cbm Wasser.

Entfernung v. Ostufer, m	40	47	50	97	100	110	190	200
14. August	241				714			
16. „	216				817		146	
18. „		205		944				
20. „			258			1482		186

Es zeigt sich, daß der Schlammgehalt nach der Mitte des Stromes zu bedeutend anwächst. Um nun aus mehreren gleichzeitigen Proben den mittleren Schlammgehalt eines Querschnitts zu berechnen, müßten die der Strommitte entnommenen Proben wegen der dort viel kräftigeren Strömung stärker berücksichtigt werden; indes sind die vier Daten der Tabelle XXV die einzigen, die die verschiedenen Messungen angeben; sonst sind nur die Mittelwerte veröffentlicht.

Mögen diese Zahlen auch den wahren Schlammgehalt annähernd richtig wiedergeben, so besteht, wenn jedesmal nur eine Probe entnommen ist, durchaus keine Gewähr, daß diese dem Mittelwert entspricht; sie kann die Hälfte, ja den vierten Teil des wahren Wertes angeben. Es wäre also wünschenswert, daß bei allen Angaben über den Schlammgehalt eines Stromes gleichzeitig bekannt gemacht wird, in welcher Entfernung von Ufern und Strommitte die Proben entnommen sind. Für die folgenden Berechnungen sind, wenn keine besseren Messungen vorlagen, auch diese unsicheren Proben verwertet worden; sonst sind sie unberücksichtigt geblieben.

---

2. E. M. Dowson, Measurement of the volumes discharged by the Nile during 1905 and 1906. Cairo 1909. S. 67.

Die Bestimmungen des Transportes von chemisch gelöstem Material entbehren solcher Unsicherheiten; denn die gelösten Bestandteile sind gleichmäßig durch den ganzen Querschnitt eines Flusses verteilt und unterliegen auch nicht so großen täglichen Schwankungen wie die aus mechanischer Erosion hervorgehenden Sedimente.

Am Blauen Nil sind von Mai 1902 bis April 1903 gleichzeitig mit den Messungen der Wasserführung[3] Bestimmungen des Schlammgehalts[4] vorgenommen. Wir sind hier in der Lage, für die Reihe eines Jahres 47 Schlammproben mit der genau entsprechenden Wasserführung zu besitzen. Es zeigt sich eine ziemlich weitgehende Abhängigkeit des Schlammgehalts von der Wasserführung, so daß es nicht zu gewagt erscheinen kann, diese Abhängigkeit als die Regel aufzufassen und durch eine Tabelle des Schlammgehalts bei bestimmten Wasserständen auszudrücken (Tabelle XXVI). Eine solche Tabelle wird, wenn, wie hier, jedesmal nur eine Probe dem Fluß

Tabelle XXVI. Schlammgehalt des Blauen Nil bei steigender und fallender Wasserführung.

Steigender Wasserstand		Fallender Wasserstand	
Wasserführung cbm p. s.	Schlammgehalt g pro cbm Wasser	Wasserführung cbm p. s.	Schlammgehalt g pro cbm Wasser
100	20	100	20
250	40	250	30
500	180	500	40
750	300	750	60
1000	400	1000	80
1250	480	2000	160
1500	540	3000	240
1750	600	4000	320
2500	720	4500	370
3000	775	5000	440
4000	875	6000	600
5000	975	7000	760
6000	1075	8000	920
7000	1175	9000	1080
8000	1275		
9000	1375		

3. Lyons, The Physiography of the river Nile S. 228, 229.
4. Ebenda S. 301.

entnommen ist, den Vorteil bieten, daß die aus der ungenügenden Einzelprobe entstehenden Fehler verschwinden, wofern nur die Mehrzahl der Proben richtige Werte angibt.

Nach Tabelle XXVI kann für die Jahre, deren Wasserführung bekannt ist, also für 1901—1908, der mittlere monatliche Schlammgehalt (g pro cbm Wasser) bestimmt werden. Der mittlere monatliche Schlammtransport, ausgedrückt in Tonnen in der Sekunde, ergibt sich aus der Multiplikation des Schlammgehaltes mit der Wasserführung. Tabelle XXVII gibt die Resultate für die Einzelmonate in Tonnen pro Sekunde, für das ganze Jahr den Gesamttransport in Millionen Tonnen an.

Tabelle XXVII. Blauer Nil, Transport festen Materials, Tonnen p. s.

	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres-Abfluß in cbkm
1901	0,010	0,006	0,005	0,005	0,005	0,34	2,31	11,62	7,70	0,40	0,08	0,02	59,52
1902	0,007	0,005	0,005	0,004	0,005	0,13	1,00	5,25	5,89	0,65	0,10	0,02	31,59
1903	0,009	0,005	0,005	0,003	0,004	0,38	1,46	10,50	7,50	1,59	0,23	0,05	57,49
1904	0,016	0,011	0,005	0,005	0,003	0,15	2,16	6,61	3,04	0,45	0,10	0,03	33,44
1905	0,011	0,006	0,005	0,003	0,003	0,07	0,77	5,58	6,08	0,40	0,09	0,04	34,41
1906	0,012	0,007	0,006	0,005	0,005	0,11	1,49	10,21	12,41	1,17	0,19	0,05	67,63
1907	0,015	0,007	0,005	0,005	0,005	0,10	1,12	4,61	4,45	0,34	0,07	0,02	28,39
1908	0.008	0,005	0,005	0,004	0,004	0,02	1,09	14,04	16,33	2,65	0,32	0,10	88,48
1901—08	0,011	0,007	0,005	0,004	0,004	0,16	1,43	8,55	7,93	0,96	0,15	0,04	50,50

Nach Tabelle XXVII leistet der Blaue Nil während des Niedrigwassers überhaupt kaum eine Transportarbeit. Während dieser Zeit schüttet der Fluß bekanntlich bei Khartum (S. 72) sein Bett auf um es während des Hochwassers wieder auszuhöhlen. Ein nennenswerter Transport findet nur während des August und September statt. Auf diese beiden Monate entfallen 86 %, auf Juli und Oktober 13 %, auf die übrigen 8 Monate zusammen nur 1 % der gesamten Arbeitsleistung.

Wie die Unterschiede des Transportes in den einzelnen Monaten viel bedeutenderen Schwankungen unterworfen sind als wir sie bei den Abflußmengen kennen gelernt haben, so zeigen auch die jährlich verfrachteten Sedimente dieselbe

Erscheinung. Das Maximum des Abflusses im Jahre 1908 ist noch nicht doppelt so hoch als das Minimum von 1907 (S. 73), während die maximale Transportleistung das Minimum um mehr als das Dreifache übertrifft.

Für das chemisch gelöste Material des Blauen Nil und für den gesamten Transport des Weißen Nil und Atbara reichen die vorhandenen Proben zu einer so eingehenden Untersuchung nicht aus. Die gesamten Resultate sind in Tabelle XXVIII zusammengestellt.

Zunächst ist der mittlere monatliche Gehalt (g pro cbm Wasser) an festem und gelöstem Material bestimmt. Für das gelöste Material des Blauen und Weißen Nil sind benutzt: Lucas, The chemistry of the river Nile S. 25. Für das feste Material des Weißen Nil: Lyons, l. c. S. 303 und Lucas, l. c. S. 11; doch zeigen hier (für festes Material) Juli bis September auffällig hohe Werte, die sich aus dem Regime des Weißen Nil nicht erklären lassen. Lyons (l. c. S. 303) nimmt Einfluß des Blauen Nil an, der zum Weißen Nil zurückströmt. Deshalb sind Juli bis September 1902 und August 1904 und 1906 bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt, August interpoliert. Für das feste Material des Atbara ist Lyons (l. c. S. 303) nicht berücksichtigt (nur eine Probe einmal im Monat), sondern nur bei Lucas (l. c. S. 11) die Werte für 1907 (Monatsmittel aus wöchentlichen Bestimmungen, von denen jede auf 6 Proben beruht).

Der mittlere monatliche Transport, Tonnen in der Sekunde, ergibt sich aus der Multiplikation des Gehaltes fester oder gelöster Bestandteile, g p. cbm Wasser, mit der mittleren monatlichen Wasserführung, cbm p. s. Für den Atbara ist zunächst die Wasserführung von Khashm el Girba, 1907, benutzt, dann durch Reduktion der Mittelwert bestimmt.

Die Tabelle XXVIII zeigt deutlich den Gegensatz zwischen den abessinischen Strömen und dem Weißen Nil. Erstlich steht der träge dahinfließende Weiße Nil in bezug auf den Gesamttransport weit hinter den beiden anderen Strömen zurück. Vom Blauen Nil wird er um mehr als das Zehnfache, vom Atbara um mehr als das Dreifache übertroffen. Sodann ist das Verhältnis von festem und gelöstem Material ein ganz anderes.

Tabelle XXVIII. Transport des Blauen Nil, Weißen Nil und Atbara.

	Blauer Nil				Weißer Nil				Atbara	
	Fest		Gelöst		Fest		Gelöst		Fest	
	g p. cbm Wass.	Tonn. p. s.	g p. cbm Wass.	Tonn. p. s.	g p. cbm Wass.	Tonn. p. s.	g p. cbm Wass.	Tonn. p. s.	g p. cbm Wass.	Tonn. p. s.
Januar	33	0,011	134	0,045	81	0,061	159	0,119		
Februar	28	0,007	137	0,032	61	0,030	153	0,076		
März	26	0,005	128	0,025	53	0,023	177	0,076		
April	25	0,004	140	0,025	43	0,017	194	0,074		
Mai	28	0,004	142	0,027	63	0,026	194	0,079		
Juni	228	0,16	127	0.080	65	0,036	195	0,107	4	0,0003
Juli	652	1,43	97	0,206	62	0,044	164	0,117	1670	1,181
August	1160	8,55	135	0,961	60	0,051	162	0,137	2228	3,924
Septemb.	987	7,93	109	0,824	48	0,046	135	0,128	833	0,883
Oktober	263	0,96	108	0,342	55	0,056	126	0,128	103	0,029
Novemb.	105	0,15	118	0,154	86	0,090	170	0,177		
Dezemb.	54	0,04	110	0,074	65	0,063	143	0,139		
Jahressumme in Mill. t	50,5		7,4		1,43		3,57		18,0 (16,04)*	

Der Weiße Nil lagert infolge seines schwachen Gefälles die meisten festen Stoffe ab, und es überwiegt bei ihm der Transport chemisch gelöster Bestandteile. Diese kommen beim Blauen Nil viel weniger in Betracht, wenn sie auch allein schon den Gesamttransport des Weißen Nil übertreffen. Der Blaue Nil ist ein jugendlicher Fluß mit ganz überwiegend mechanischer Abtragung. Sehr interessant ist schließlich, einen wie bedeutenden Transport der Atbara während der wenigen Sommermonate leistet. Der Schlammgehalt in 1 cbm Wasser ist bei ihm viel größer als beim Blauen Nil; doch reicht dieser wegen der geringen Wasserführung bei weitem nicht aus, um den Gesamttransport an

* In Klammern der noch nicht reduzierte Wert.

festen Stoffen mit dem beim Blauen Nil vergleichen zu können, was Lyons, allerdings noch nicht auf die neusten Messungen gestützt, vermutet[5].

Betrachtet man die jahreszeitliche Verteilung der verfrachteten Materialien, so fällt am meisten die ungeheure Schwankung der Werte für das feste Material beim Blauen Nil und Atbara auf, die sich aus der Wasserführung erklärt. Beim Atbara zeigen Juli und August den stärksten Schlammgehalt, den wir an den Nilzuflüssen kennen; diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß die längste Zeit des Jahres hindurch nur ein ganz geringer oder überhaupt kein Abfluß stattfindet. Indem sich das Stromende allmählich gegen das Gebirge hin zurückzieht, hinterläßt es (ähnlich wie bei Schuttkegeln) eine im trockenen Flußbett sich weithin ausdehnende Sedimentdecke, die durch den in der Ufervegetation und im Strombett aufgehaltenen Wüstensand wohl noch eine Bereicherung erfahren wird; den in den wenigen Sommermonaten herabeilenden Wassermassen fällt dann die Aufgabe zu, das während der Trockenzeit Versäumte nachzuholen und die ursprünglichen Gefällsverhältnisse wiederherzustellen.

Die Verteilung der Sedimente beim Weißen Nil ist auffallend gleichmäßig und erklärt sich aus dem Stromcharakter. Die Unterschiede sind zu gering und die Messungen nicht zuverlässig genug, um sichere Schlüsse ziehen zu können. Aehnliches gilt für die gelösten Stoffe des Blauen und des Weißen Nil; doch scheint sich hier im allgemeinen eine Abnahme, g p. cbm Wasser, bei steigender Wasserführung zu zeigen.

Um aus der obigen Tabelle die Abtragung berechnen zu können, müssen die Tonnen in Kubikmeter verwandelt werden. Unter der Annahme eines spezifischen Gewichtes des Materials von 2,4 ist dies durchgeführt, wie Tabelle XXIX

5. Lyons, l. c. S. 303.

angibt. Da beim Atbara keine Angaben über den Gehalt gelöster Materialien bekannt sind, ist deren Betrag, der im Hinblick auf den verwandten Blauen Nil nicht hoch sein kann, interpoliert worden.

Tabelle XXIX. Jährliche Abtragung in Millionen cbm.

	Blauer Nil.	Weißer Nil.	Atbara.	Zusammen.
Gesamtabtragung.	24,1	2,1	8,5	34,7
Abtrag. durch feste Stoffe.	21,0	0,6	7,5	29,1
„ „ gelöste Stoffe.	3,1	1,5	1,0	5,6

Um diese Werte absolut unter sich vergleichbar zu machen, muß man sie wie die Niederschlags- und Abflußhöhe in Beziehung zu dem Abtragungsgebiet setzen. Für diese Berechnung können aber die Areale der Abflußgebiete, wie sie im zweiten Kapitel bestimmt sind, nicht verwandt werden; denn der Blaue Nil sowohl wie der Atbara erodieren während des Hochwassers in ihrem Unterlauf, also außerhalb des Abflußgebietes, und sicher transportieren die Flüsse auch viel Material, das ihnen durch die Wüstenwinde zugeführt wird. Letzteres kommt für den Weißen Nil wohl besonders in Betracht, während eine Erosionsarbeit bei ihm wohl nicht anzunehmen ist. Aus diesem Grunde sind für den Blauen Nil und Atbara die bei Lyons[6] angegebenen Einzugsgebiete zur Berechnung benutzt, für den Weißen Nil jedoch ist das Abflußgebiet nur auf 1 200 000 qkm, für den gesamten Nil auf 1 800 000 qkm erhöht worden. (Zu vergleichen die Größe der Abflußgebiete, S. 51. Die Vergrößerung für das Gebiet des gesamten Nil resultiert aus der für den Blauen Nil und den Atbara.) Tabelle XXX zeigt die Endresultate über die Abtragungshöhe.

6. Lyons, l. c. S. 7. Er bestimmt das Einzugsgebiet des Blauen Nil zu 331 500 qkm, das des Atbara zu 220 700 qkm.

Tabelle XXX. Abtragungshöhe nnd Dauer der Abtrag. von 1 m beim Nil.

	Jährliche Abtragung in Mikromillimetern.			Abtragung von 1 m in Jahren.		
	Gesamt.	Fest.	Gelöst.	Gesamt	Fest.	Gelöst.
Gesamter Nil.	19	16	3	51800	61700	323000
Weißer Nil	1,8	0,5	1,3	571000	2000000	800000
Blauer Nil	73	63	10	13800	15800	106400
Atbara	39	34	5?	26000	29000	220000?

Was oben in bezug auf Tabelle XXVIII gesagt ist, gilt auch für diese hier. Nur tritt die wahre Bedeutung der einzelnen Flüsse noch besser hervor. Die minimale Abtragung durch den Weißen Nil, die ungleich bedeutendere durch den Atbara, die aber wiederum vom Blauen Nil um das Doppelte übertroffen wird. Es bietet diese Tabelle gleichzeitig die Lösung des Problems, warum der Nil fast am langsamsten von allen Flüssen der Erde sein Gebiet abträgt. Die Schuld daran trägt der Weiße Nil, dessen minimaler Transport bei einem so ungeheuren Abtragungsgebiet die Resultate für den ganzen Nil so niedrig macht. Und der Grund für diesen geringen Transport liegt zwar einerseits in dem schwachen Gefälle des Flusses, die Hauptsache aber ist wieder das Sumpfgebiet im Unterlauf des Bahr el Gebel, dessen Pflanzendickichte die im Wasser schwebenden Teilchen wie in einem Filter auffangen; so ist z. B. das Wasser des Bahr el Ghasal klar, während das seines Hauptzuflusses, des Suë, erdig und gelblich ist[7].

Wie gering die Abtragung ist, mag ein Vergleich mit einigen der von Penck[8] angegebenen Werte dartun.

Tabelle XXXI.

	Jährl. Abtragung in Mikromillimetern			Abtragung von 1 m in Jahren		
	Gesamt	Fest	Gelöst	Gesamt	Fest	Gelöst
Elbe	17	2	15	59 200	507 700	66 300
Mitteleuropa	30	6	24	32 900	164 000	40 000
Donau	61	42	19	16 400	23 900	53 600
Südasiatische Flüsse	220	190—186	33	4 530	5 200—5 400	30 000

7. Annales de Géogr. 1902. Dyé, Le Bahr el Ghazal . . . S. 330.
8. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, Bd. I S. 381, 382.

Zunächst ist es nicht mehr der Nil, der am langsamsten sein Gebiet abträgt (nach Penck in 74 000 Jahren, siehe Tabelle XXXIV), sondern der Elbe (und Themse) kommt dieser Rang zu, wenn man von dem Weißen Nil allein genommen absieht. Der Nil trägt etwas langsamer als durchschnittlich die mitteleuropäischen Flüsse sein Gebiet ab; wodurch er sich von ihnen unterscheidet, ist das Ueberwiegen der mechanischen Abtragung gegenüber der chemischen, worin wir den Einfluß des Blauen Nil erkennen. Dieser sowohl wie der Atbara stehen der Donau am nächsten; bei ihnen ist der Transport fester Bestandteile gemäß ihrem Ursprung im Gebirge der weitaus wichtigere Faktor. Gegen die südasiatischen Ströme aber stehen die abessinischen noch weit zurück, was eine Folge der geringeren Niederschläge in den Bergländern Abessiniens ist. Eine ganz exzeptionelle Stellung unter allen bekannten Flüssen der Erde nimmt der Weiße Nil ein, der bei weitem am langsamsten, fast 10 mal so langsam als die Elbe, sein Gebiet denudiert. Als typischer Flachlandstrom erinnert er durch die stärkere chemische Abtragung an die mitteleuropäischen Flüsse.

Am vereinigten Nil sind bei Sarras (nahe Wadi Halfa), bei Nag Hamadi (am Knie des Nil unterhalb Keneh) und bei Kairo Wasseranalysen vorgenommen. Für diese Stationen das Abtragungsgebiet zu bestimmen, hat seine Schwierigkeiten; denn es erscheint wegen des Einflusses des vom Wüstenwinde transportierten Sandes unmöglich, die Grenzen des Gebietes festzustellen, bis zu denen die tatsächliche abtragende Wirkung des Flusses reicht. Für die Abtragung muß man sich mit den in Tabelle XXX festgelegten Werten begnügen.

Bei Nag Hamadi von August 1903 bis Oktober 1905 an jedem 5. Tage feste Bestandteile bestimmt (Lyons, l. c. S. 306). Wasserführung von Assuan zur Bestimmung des Transportes benutzt. Unter der Annahme, daß die chemisch gelösten Bestandteile in Aegypten sich so ziemlich gleich bleiben, sind die gelösten Bestandteile bei

Kairo hinzugefügt, zur Transportberechnung wieder Wasserführung von Assuan herangezogen (Lucas, l. c. S. 25). Von den Werten bei Lucas nur die verläßlichsten, die von Pollard und vom Survey Department, verwendet.

Bei Sarras von Juli bis Oktober 1905 und 1906 Schlammproben. Sie umfassen die Monate des fast alleinigen Transportes, sind also angeführt (E. M. Dowson, l. c. S. 67, 68. — Lucas, l. c. S. 11). Wasserführung von Wadi Halfa benutzt.

Tabelle XXXII. Transport des Nil in Aegypten.

	Nag Hamadi (Assuan)		Kairo (Assuan)		Sarras	
	Feste Stoffe		Gelöste Stoffe		Feste Stoffe	
	g p. cbm Wasser	Tonn. p. s.	g p. cbm Wasser	Tonn. p. s.	g p. cbm Wasser	Tonn. p. s.
Januar	58	0,07	153	0,18		
Februar	35	0,03	167	0,15		
März	44	0,03	189	0,12		
April	40*	0,02	223	0,12		
Mai	35	0,02	237	0,13		
Juni	50	0,03	234	0,14		
Juli	59	0,07	225	0,26	215	0,38
August	856	4,26	174	0,87	1468	9,92
September	1117	8,51	135	1,03	1559	14,81
Oktober	606	3,16	128	0,67	830	5,04
November	148	0,38	139	0,35		
Dezember	104	0,16	140	0,22		
Jahrestransport in Mill. Tonn.	44,05		11,15		79,5	

In Anbetracht der Ableitung der in Tabelle XXXII. wiedergegebenen Zahlen darf man aus ihnen nicht allzu weitgehende Folgerungen ziehen. Der Gehalt an festen und gelösten Stoffen ähnelt dem des Blauen Nil: Es zeigt sich bei Hochwasser eine starke Zunahme des Schlammgehaltes

* ergänzt.

und eine gleichzeitige Abnahme der gelösten Bestandteile, was wir aus den Werten der Tabelle XXVIII mehr nur ahnen, als wirklich feststellen konnten.

Tabelle XXXIII. Transport des Nil in Mill. Tonnen.

	Bl., W. Nil u. Atbara zus.	Nil bei Sarras	Nil in Oberägypten[9]
Gesamttransport	82,9		55,2
Transport fester Stoffe	69,9	80	44
„ gel. „	13,0		11,2

Vergleicht man die Transportkraft des Flusses im Sudan, bei Sarras und in Oberägypten (Tabelle XXXIII), so zeigt sich im Kataraktengebiet eine Steigerung der Leistungsfähigkeit, wie sie uns erklärlich erscheint in einem Gebiete verstärkter Erosionskraft. Wie weit jedoch hieran Wüstensand mitbeteiligt ist, läßt sich nicht feststellen. Auf dem Wege von Sarras bis Nag Hamadi hat der Fluß schon wieder 36 Millionen Tonnen, also fast die Hälfte seines Schlamms, verloren. Da die Katarakte erst hinter Assuan aufhören, können wir annehmen, daß fast die gesamten 36 Millionen Tonnen zwischen Assuan und Nag Hamadi, also in Oberägypten, zur Ablagerung gelangen. Dies ist die einzige Zahl für die Schlammablagerung in Aegypten, die einigermaßen der Kritik standhalten kann. Die Bestimmungen bei Kairo entbehren jeder Sicherheit, da die Wasserführung unbekannt ist. Ein Versuch, nach den bei Lucas[10] angegebenen Schlammproben mittels der Wasserführung von Assuan den jährlichen Transport zu berechnen, ergab 68 Millionen Tonnen Schlammführung, also eine ganz widersinnig erscheinende Zahl. Hieraus geht hervor, daß zwischen Assuan

9. Feste Stoffe für Nag Hamadi (Assuan), gelöste Stoffe für Kairo (Assuan). Siehe Erklärung zu Tabelle XXXII.

10. Lucas, l. c. S. 12.

und Kairo in Wahrheit doch ein ziemlich bedeutender Wasserverlust statthaben muß, was also gegen Willcocks spricht (siehe S. 88).

Zum Schluß mögen die neugewonnenen Resultate mit den in Pencks Morphologie[11] aufgestellten verglichen werden.

Ein neuerer Versuch von Benetti[12], die in Aegypten abgelagerten Sedimente zu bestimmen, verdient nicht zum Vergleich herangezogen zu werden, da seine Berechnungen sich auf Schätzungen der Wasserführung sowie des Schlammgehalts stützen, anstatt mit den gegebenen Zahlen zu arbeiten.

Tabelle XXXIV.

	Abtragungsgebiet	Abtragung in Mill. cbm Gesamt	Fest	Gelöst
nach Penck	2 081 000	27,16	20,65	6,51
Neue Resultate	1 800 000	34,7	29,1	5,6
Neue Resultate, Oberägypten		23,1	18,4	4,7

	Jährliche Abtragung in Mikromillimetern			Abtragung von 1 m in Jahren		
	Gesamt	Fest	Gelöst	Gesamt	Fest	Gelöst
nach Penck	13	10	3	74 000	100 800	319 400
Neue Resultate	19	16	3	51 800	61 700	323 000

Die Resultate stimmen auf den ersten Blick nicht recht überein und können es auch gar nicht, weil erstlich verschieden große Abtragungsgebiete zugrunde gelegt sind und hauptsächlich, weil die Berechnungen von Penck sich auf Kairo beziehen, die neuen hingegen auf den Sudan; und in Aegypten findet, wie wir soeben gesehen haben, eine ausgedehnte Ablagerung statt. Die neuen Resultate zeigen

11. Penck, l. c. S. 381, 382.

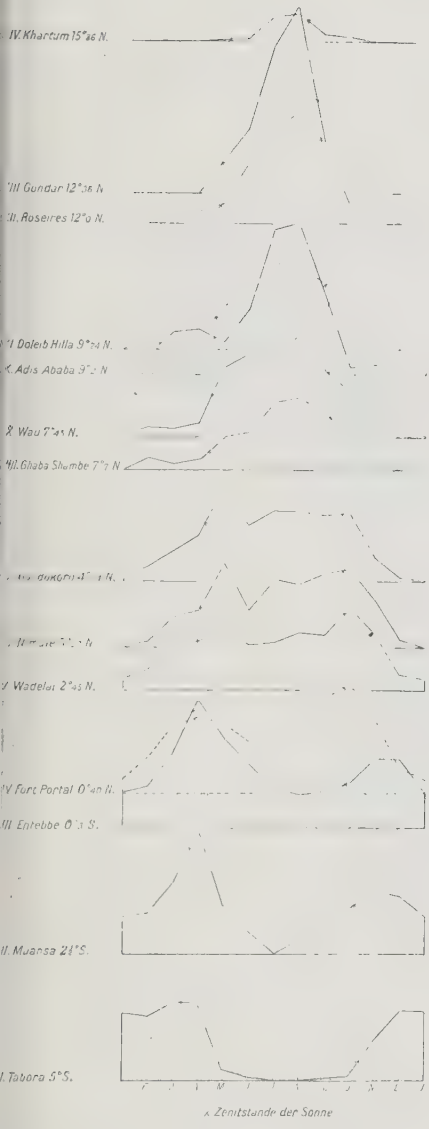
12. Jacopo Benetti, Quadro sommario del' Idrografia del Nilo. Memoire della R. Academia delle scienze dell' Istituto di Bologna. Serie VI. Tomo V. 1907—1908. S. 159—160.

daher, wie vorauszusehen, für das feste Material, also den entscheidenden Faktor, höhere Werte. Das gelöste Material ist ziemlich gleichwertig bestimmt. Zieht man die Werte für Nag Hamadi in Oberägypten zum Vergleich heran, so sieht man, daß sie viel besser zu den von Penck aufgestellten passen.

Inhaltsangabe.

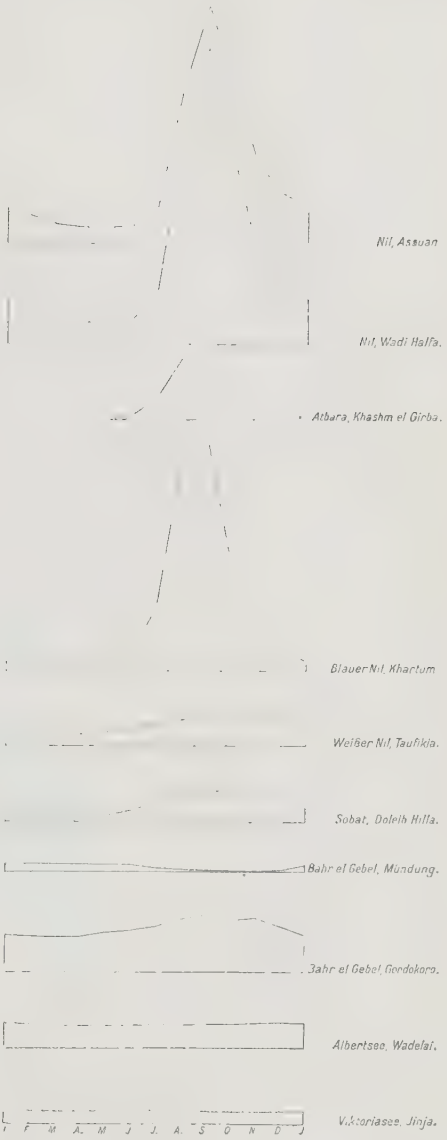
		Seite
Einleitung		7
Kapitel I.	Morphologie des Stromgebietes	10
„ II.	Der Niederschlag	36
„ III.	Der Abfluß	52
„ IV.	Die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß	90
„ V.	Die Abtragung	100

xt hierzu S. 38 **Tafel I.**

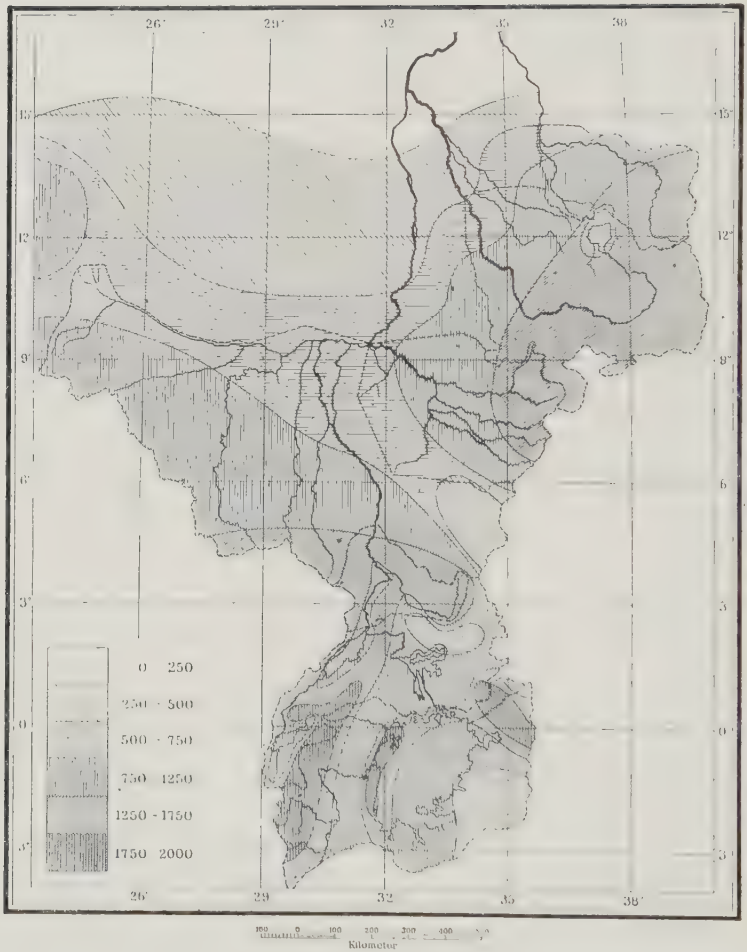


hreszeitliche Verteilung des Niederschlages, in meridionaler Anordnung.

Text hierzu S. 54 ff. **Tafel III.**



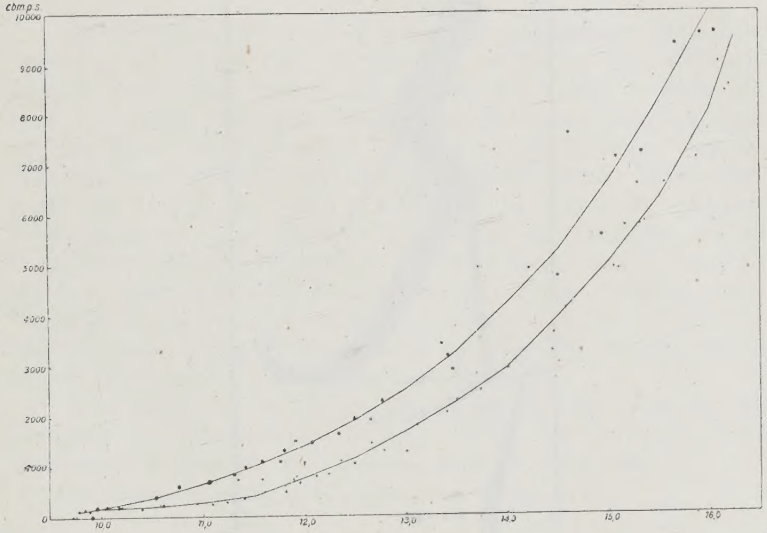
Jahreszeitliche Verteilung des Abflusses



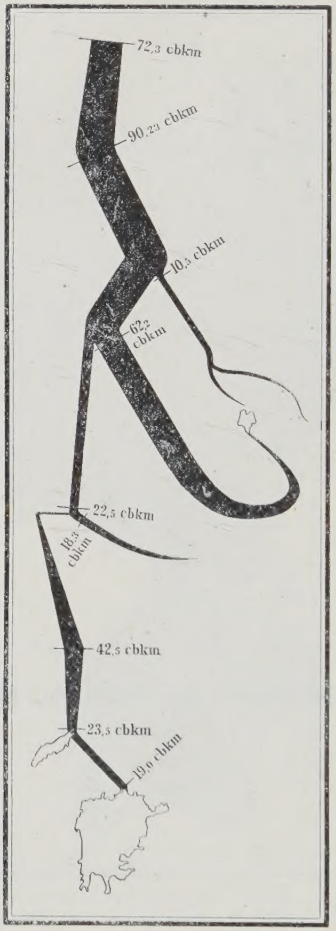
Niederschlagskarte.
Maßstab 1 : 18 750 000

Text hierzu S. 72

Tafel IV.



Konsumptionskurve des Blauen Nil, Khartum.



Wasserführung des Nil bis Assuan.

Lebenslauf.

Der Verfasser, Walter Pietsch, evangelischer Konfession, wurde am 6. Februar 1886 als Sohn des städtischen Steuererhebers Wilhelm Pietsch und seiner Gattin Therese geb. Lampe zu Berlin geboren. Er besuchte das Leibniz-Gymnasium zu Berlin, das er Michaelis 1905 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Sodann studierte er an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin Geographie und Geschichte. Seine Lehrer waren die Herren: v. Branca, Caspar, W. M. Davis, H. Delbrück, v. Drygalski, Frischeisen-Köhler, Groll, Grund, Hellmann, Helm, Hintze, O. Hirschfeld, Krabbo, Kretschmer, Küchler, Lasson, Lenz, v. Luschan, Marcuse, Meinardus, Eduard Meyer, Münch, Norden, Paulsen, Penck, Pfleiderer, Roloff, Runze, D. Schäfer, Ad. Schmidt, Schmitt, v. Schmoller, Simmel, Solger, Stumpf, Tannhäuser, Uhlig, Vierkandt, Wagner, Wahnschaffe, Werminghoff, v. Wilamowitz-Moellendorff.

Allen diesen Herren, insbesondere Herrn Prof. Dr. Penck, der die Anregung zu vorliegender Arbeit gab, spricht der Verfasser seinen ehrerbietigsten Dank für die Förderung seines Studiums aus.

Die Promotionsprüfung bestand er am 7. Juli 1910.